Aus dem Institut für Tierernährungslehre
der Universität Kiel
Direktor: Prof. Dr. Dr. K. Drepper

GÜLLEABBAU UND -UMWANDLUNG DURCH AEROB-BIOLOGISCHE BEHANDLUNG SOWIE GÜLLEVERWERTUNG DURCH RÜCKFÜTTERUNG

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

PETER MIELMANN
Tierarzt aus Hamburg

Berlin 1976

Journal-Nr. 892

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543104_0057

Aus dem Institut für Tierernährungslehre
der Universität Kiel
Direktor: Prof. Dr. Dr. K. Drepper

Gülleabbau und -umwandlung durch aerob-biologische Behandlung sowie Gülleverwertung durch Rückfütterung

vorgelegt von

Peter Mielmann
Tierarzt aus Hamburg

Berlin 1976

Journal-Nr. 892

Gedruckt mit Genehmigung
des Fachbereiches Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

Vorsitzender des FBR:	Prof. Dr. H.-H. Frey
Referent:	Prof. Dr. H. Weik
Korreferent:	Prof. Dr. H. Bronsch

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Tag der Promotion: 05. Oktober 1976

Inhaltsverzeichnis

Seite

1. Einleitung 9

2. Möglichkeiten zur Verwertung der Nähr- und anderen Inhaltsstoffe tierischer Exkremente für die Pflanzenproduktion 11

2.1. Ausbringung auf landwirtschaftlich genutzte Fläche 11

2.2. Verwendung als Pflanzendünger nach Trocknung 11

2.3. Verwendung als Pflanzendünger nach Kompostierung 11

3. Möglichkeiten zur Verwertung der Nähr- und anderen Inhaltsstoffe tierischer Exkremente zur Tierproduktion 12

4. Verfütterung nicht biologisch behandelter tierischer Exkremente 12

4.1. Verfütterung nicht biologisch behandelter tierischer Exkremente an Wiederkäuer 12

4.2. Verfütterung nicht biologisch behandelter tierischer Exkremente an Nicht-Wiederkäuer 13

4.2.1. Verfütterung nicht biologisch behandelter tierischer Exkremente an Schweine 14

4.2.1.1. Verfütterung von Schweineexkrementen 14

4.2.1.2. Verfütterung von Geflügeltiefstreu 16

4.2.1.3. Verfütterung von Geflügelexkrementen (ohne Einstreu) 16

4.2.1.4. Verfütterung von Wiederkäuerexkrementen 17

Seite

4.2.2. Verfütterung nicht biologisch behandelter tierischer Exkremente an Geflügel 17

4.2.2.1. Verfütterung von Schweineexkrementen 17

4.2.2.2. Verfütterung von Geflügeltiefstreu 18

4.2.2.3. Verfütterung von Geflügelexkrementen (ohne Einstreu) 19

4.2.2.4. Verfütterung von Wiederkäuerexkrementen 22

4.2.3. Verfütterung nicht biologisch behandelter tierischer Exkremente an Fische 23

4.2.4. Verfütterung nicht biologisch behandelter tierischer Exkremente an Ratten 24

5. Biologische Behandlung tierischer Exkremente 24

5.1. Einbeziehung von Exkrementen in Silage 24

5.2. Nichtbakterielle biologische Behandlung tierischer Exkremente 25

5.2.1. Kotabbau durch Regenwürmer 25

5.2.2. Abbau durch Fliegenlarven 25

5.2.3. Exkremente als Nährsubstrat für Algen 26

5.2.4. Exkremente als Nährsubstrat für Pilze (Fungi imperfecti) 27

5.3. Bakterielle biologische Behandlung tierischer Exkremente 28

5.3.1. Bakterieneiweißproduktion mit tierischen Exkrementen als Nährsubstrat nach physikalisch-chemischen Aufschlußverfahren 28

Seite

5.3.2. Bakterieneiweißproduktion mit tierischen Exkrementen als Nährsubstrat ohne vorherigen physikalisch-chemischen Aufschluß 28

5.3.3. Der Oxidationsgraben als Produktionsstätte von Bakterieneiweiß 29

5.3.4. Bakterieneiweißproduktion durch Umwälzbelüftung tierischer Exkremente 31

5.3.5. Harn und Kot der Schweine als Ausgangsprodukt für die Belüftung 32

5.3.6. Biologische Vorgänge während der Belüftung von Schweinegülle 35

6. Analysen-Methoden und -Ergebnisse von aerob-biologisch behandelter Schweinegülle 39

6.1. Die Wärmeproduktion 39

6.2. Die Reineiweißbestimmung 40

6.3. Die Keimzählung 40

6.4. Die Bestimmung der Diaminopimelinsäure (DAP) 40

6.5. Die Aminosäurenanalyse 40

6.6. Steigerung des Reineiweißgehaltes in aerob-biologisch behandelter Schweinegülle 41

7. Verfütterung aerob-biologisch behandelter tierischer Exkremente 42

7.1. Verfütterung aerob-biologisch behandelter tierischer Exkremente an Wiederkäuer 42

7.2. Verfütterung aerob-biologisch behandelter tierischer Exkremente an Nicht-Wiederkäuer 43

7.2.1. Verfütterung aerob-biologisch behandelter tierischer Exkremente an Schweine 43

7.2.2. Verfütterung aerob-biologisch behandelter tierischer Exkremente an Geflügel 45

Seite

7.2.3. Verfütterung aerob-biologisch behandelter tierischer Exkremente an Ratten 45

8. Versuchsziele eigener Untersuchungen 46

9. Herstellung aerob-biologisch behandelter Schweinegülle 46

9.1. Reaktionsbehälter 46

9.2. Bereitung aerob-biologisch behandelter Schweinegülle 48

9.3. Analysenverfahren zur Ermittlung der Inhaltsstoffe in Gülle, Kot und Harn 48

9.4. Zusammensetzung der aerob-biologisch behandelten Schweinegülle 49

9.5. Bilanz der Güllebehandlung im Reaktionsbehälter 51

10. Fütterungsversuch mit aerob-biologisch behandelter Schweinegülle bei Mastschweinen 54

10.1. Tiermaterial 54

10.2. Haltung der Tiere 54

10.3. Futter und Fütterung 54

10.4. Gruppeneinteilung 56

10.5. Versuchsdurchführung 56

11. Ergebnisse des Fütterungsversuches mit aerob-biologisch behandelter Schweinegülle bei Mastschweinen 57

11.1. Gewichtsentwicklung und Futterverwertung 57

11.2. Bilanzen 58

12. Schlachtung und Aufbereitung der Schweine 58

12.1. Schlachtung 58

12.2. Analysen der Proben 59

12.3. Ergebnisse 60

Seite

13. Zusammenfassende Diskussion der bisher beschriebenen eigenen Versuche 63

14. Versuchsziele der Zusatzversuche 66

15. Variierte Herstellung aerob behandelter Schweinegülle ohne Stärkezusatz 66

15.1. Aufbau und Durchführung der Versuche 66

15.2. Ergebnisse der aeroben Behandlung von Schweinegülle ohne Stärkezusatz 68

16. Variierte Herstellung aerob behandelter Schweinegülle mit Stärkezusatz 70

16.1. Aufbau und Durchführung der Versuche 70

16.2. Ergebnisse der aeroben Behandlung von Schweinegülle mit Stärkezusatz 71

16.3. Das Verhältnis von Stärkezusatz zur Reineiweißausbeute 73

17. Diskussion der Zusatzversuche 74

18. Gesamtdiskussion 75

19. Zusammenfassung - Summary 79

20. Tabellenteil 83

21. Literaturverzeichnis 98

1. Einleitung

In der Tierproduktion ist bei Hühnern und Schweinen, im Ausland auch bei Rindern, der Weg zur nutzflächenunabhängigen, industriellen tierischen Produktion beschritten worden.

Die Exkremente haben für entsprechende Betriebe nicht mehr oder nicht mehr in vollem Umfang den herkömmlichen Wert als Dünger. Sie sind vielmehr zum Teil umweltgefährdende Abfallstoffe, deren gesetzlich verordnete Beseitigung einen Kostenfaktor darstellt (TIETJEN und VETTER, 1972).

Aber auch auf Betrieben, die Grünland für die Ausbringung zur Verfügung hätten, werden neue Verfahren zur umweltfreundlichen Exkrementenbeseitigung eingeführt, teils aus Kapital- und Arbeitsersparnis, teils wegen konsequenter Anwendung von Umweltschutzverordnungen hinsichtlich Geruchsbelästigung und Ausbreitung pathogener Organismen.

Je nach Zielvorstellung und im Einzelfall gegebenen Umständen gibt es verschiedene Verfahrensmöglichkeiten, die von der althergebrachten Ausbringung der Ausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere auf landwirtschaftlich genutzte Flächen abweichen. Die Möglichkeiten reichen von der weitgehend unschädlichen und fast vollkommenen Beseitigung der Exkremente (z.B. Verbrennung) bis zu Behandlungsverfahren, die möglichst wenig von den Inhaltsstoffen entfernen (z.B. gesteuerte anaerobe Gärung s.u.). Bei den meisten Verfahren steht eine Wiederverwertung von in Exkrementen enthaltenen Nährstoffen im Vordergrund, seit einiger Zeit als Recycling bezeichnet.

Die vorliegende Arbeit zeigt kurz den derzeitigen Stand der Forschung auf diesem Gebiet auf. Besonders berücksichtigt werden dabei die Wiederverfütterung an Nicht-Wiederkäuer und die Möglichkeiten biologischer Umwandlung von tierischen Exkrementen in neue Futtermittel.

Der experimentelle Teil behandelt die aerob-biologische Behandlung von Schweinegülle und die Verfütterung des Endproduktes an Schweine. Insbesondere wird über die Bearbeitung von Gülle im Umwälzlüfter, die Umsetzung der Inhaltsstoffe, die Verfütterung an Mastschweine und die Verwertung durch diese berichtet.

Im weiteren wird über die Möglichkeiten und Grenzen der Einzellerproteingewinnung aus Gülle auch aus der Sicht eigener Untersuchungen berichtet.

2. Möglichkeiten zur Verwertung der Nähr- und anderen Inhaltsstoffe tierischer Exkremente zur Pflanzenproduktion

2.1. Ausbringung auf landwirtschaftlich genutzte Flächen

Die Ausbringung auf landwirtschaftlich genutzte Flächen stellt die althergebrachte Nutzung der tierischen Exkremente dar.

Steht nur relativ wenig Fläche zur Ausbringung zur Verfügung, droht eine Überdüngung besonders durch die Gülle-Stickstoff-Verbindungen. Die Güllebehandlungstechnologie gibt hier Möglichkeiten, die für die Ausbringung begrenzenden Inhaltsstoffe so zu verändern oder zu beseitigen, daß ein Überdüngungseffekt bis zu einem bestimmten Grade vermieden werden kann.

Die geplante Rechtsverordnung (VO) zum § 15 des Abfallbeseitigungsgesetzes, die "das zulässige Maß der Düngung" festlegen soll, sagt dazu eindeutig, daß die Möglichkeiten der Veränderung von Dunginhaltsstoffen durch Behandlungsverfahren bei der Festlegung "des zulässigen Maßes der Düngung" zu berücksichtigen sind (FUSS, 1975).

2.2. Verwendung als Pflanzendünger nach Trocknung

Die Trocknung von Kot und auch von Flüssigmist ist technisch gelöst (TRAULSEN, 1971), ein großer Teil der Nährstoffe bleibt erhalten. Die Endprodukte finden nur einen begrenzten Markt als Gartendünger. Das Verfahren ist zu teuer für deutsche Verhältnisse.

2.3. Verwendung als Pflanzendünger nach Kompostierung

Die Kompostierung von Flüssigmist ist möglich, es entsteht dabei ein handelsfähiger Humusdünger. Im allgemeinen ist eine Kompostierung nur mit Zuschlagstoffen und nur nach vorheriger

Eindickung wirtschaftlich. Die flüssige Phase fällt dabei an und ist noch unschädlich zu beseitigen. Der Markt ist ebenfalls begrenzt.

3. Möglichkeiten zur Verwertung der Nähr- und anderen Inhaltsstoffe tierischer Exkremente zur Tierproduktion

Bei der Verwertung der Nährstoffe tierischer Exkremente über das Tier muß unterschieden werden zwischen Verfütterung von nicht biologisch behandelten Exkrementen, die ihre charakteristischen Exkrementeigenschaften mehr oder weniger beibehalten und biologisch behandelten Exkrementen, bei denen durch biologische Umsetzung neue Inhaltsstoffe gebildet werden, so daß gleichzeitig die Exkrementeigenschaften verloren gehen und Futtermittel eigener Art entstehen.

4. Verfütterung nicht biologisch behandelter tierischer Exkremente

Nicht biologisch behandelte Exkremente sind in diesem Zusammenhang unbehandelte frische, getrocknete, chemisch behandelte oder physikalischen Trennungsverfahren oder physikalisch-chemischen Verfahren unterworfene Exkremente.

4.1. Verfütterung nicht biologisch behandelter tierischer Exkremente an Wiederkäuer

Die Fütterung von Wiederkäuern mit Rinder-, Schweine- und Geflügelexkrementen mit und ohne Einstreu ist in vielen Arbeiten beschrieben worden. Sowohl frische, getrocknete, kompostierte, chemisch behandelte und physikalisch aufgetrennte

Exkremente als auch in technischen Anlagen chemisch-physikalisch fermentierte und hydrolysierte Ausscheidungen werden verfüttert.

Industriemäßig betriebene, umfangreiche Anlagen beruhen in ihrer Methodik teilweise auf Patenten (Organiform Process, DAVIES et al., 1975; Cereco-System, WARD et al., 1974, 1975 a, b; Corral-System, BRINKER et al., 1975a; Anthony-Verfahren, ANTHONY, 1968 a). Die Erfolge der direkt oder nach technischer Vorbehandlung an Wiederkäuer verfütterten Exkremente basieren auf den einerseits stark abbauenden (z.B. Gerüstsubstanzen), andererseits aber auch stark synthesefähigen Mikroorganismen (z.B. hochwertiges Bakterienprotein, Vitamine) des Pansens. Dadurch werden die für andere Tierarten nicht oder nur geringgradig nutzbaren Inhaltsstoffe der Exkremente für Wiederkäuer besser verwertbar (Cellulose → flüchtige Fettsäuren, Nicht-Protein-Stickstoff → Bakterienprotein). Die Resorption und Retention der Exkrementen-Inhaltsstoffe im Wiederkäuerorganismus bzw. ihre Abgabe mit der Milch ist aus verschiedenen ernährungsphysiologischen Gründen jedoch begrenzt, und auch ökonomische Überlegungen limitieren die Menge der Verfütterung von Exkrementen an Wiederkäuer.

4.2. Verfütterung nicht biologisch behandelter tierischer Exkremente an Nicht-Wiederkäuer

Die Arbeiten zu diesem Gebiet sind nicht so vielfältig wie zum vorhergenannten.

Bei der Verfütterung sollen in der Regel im Kot noch vorhandene Restnährstoffe, vor allem Protein, genutzt werden, aber auch andere Inhaltsstoffe, z.B. Vitamine und Mineralstoffe.

Bei den zu beschreibenden Versuchen handelt es sich um die Verfütterung von Geflügeltiefstreu (= Geflügelexkremente + Einstreu) sowie Geflügel-, Wiederkäuer- und Schweineexkrementen in frischem oder getrocknetem Zustand. Nur in einem Fall wurden

die Exkremente vor der Verfütterung einem komplizierteren Verfahren unterworfen (Cereco-System, WARD et al., 1975 a, b).

In fast allen Arbeiten wird darauf hingewiesen, daß die Gesundheit der Tiere und die Schlachtkörperqualität durch die Rückfütterung nicht beeinflußt werden.

Ältere Arbeiten, die die Wiederverfütterung von Kot wegen des Vitamin B_{12}-Gehaltes propagieren, bzw. bei denen sich Fütterungserfolge aus diesem Gehalt nachträglich erklären ließen, blieben unberücksichtigt.

Im folgenden Teil wird über die Verfütterung an Schweine, Geflügel, Fische und Ratten berichtet. Da die Verdauungsphysiologie ähnlich ist, können die Versuchsergebnisse zum Teil übertragen, zumindest aber verglichen werden.

4.2.1. Verfütterung von nicht biologisch behandelten tierischen Exkrementen an Schweine

4.2.1.1. Verfütterung von Schweineexkrementen

DIGGS et al. (1965) berichteten, daß Gewichtszunahmen und Futterverwertung von zwei Schweinen, die in einer Mastration 15 % getrockneten Schweinekot erhielten, ähnlich waren wie bei zwei Kontrolltieren, die eine normale Mais-Soja-Ration erhielten. Bei 30 % Trockenkotanteil verminderten sich bei zwei weiteren Schweinen die Gewichtszunahmen.

ORR (1971) und ORR et al. (1971) konnten die Ergebnisse von DIGGS et al. (1965) nicht bestätigen. In einer Mais-Soja-Ration ersetzten sie N-äquivalent den Sojaanteil (11,5 %) durch 22 % getrockneten Schweinekot, zusätzlich ergänzten sie Methionin und Lysin. Insgesamt verschlechterten sich die Futteraufnahme um 7 %, die Gewichtszunahmen um 39 % und die Futterverwertung um 55 %. Bei einem Pepsin-Verdauungsversuch ergab sich für

das Schweinekotprotein ein schlechterer Wert als für Sojaprotein. Die in den Schweinefäzes vorliegenden Aminosäuren scheinen schlecht verfügbar zu sein.

Bei einem weiteren Versuch stellten ORR et al. (1973) fest, daß durch Trockenkotanteil (22 %) gegenüber einer herkömmlich formulierten Ration die tägliche N-Retention und die Verdauungskoeffizienten signifikant gesenkt wurden. Aus ihren Angaben ergaben sich bei Schweinetrockenkot Verdauungskoeffizienten für Trockensubstanz, Protein und Energie von 35, 45 bzw. 33 %. Durch Lysin- und Methioninergänzung erhöhten sich die Werte auf 48, 60 bzw. 45 %. Durch Maisöl- und Maiszuckerzusatz beseitigten ORR et al. (1973) in einer Ration mit 20 % Schweinetrockenkot das Energiedefizit gegenüber einer Kontrollration. Der Sojaanteil wurde bei beiden Rationen gleichgehalten, so daß sich bei der Versuchsration höhere Werte für Rohprotein und die wichtigsten Aminosäuren ergaben. Die Mastergebnisse konnten so gegenüber den vorhergehenden Versuchen verbessert werden. Futteraufnahme, Gewichtszunahme und Futterverwertung waren dennoch um 3, 14 bzw. 10 % ungünstiger als bei der Kontrollgruppe.

HOLLAND et al. (1975) ermittelten ähnliche Ergebnisse wie ORR et al. (1973), sowohl mit Trocken- wie mit Frischkot. Als Verdauungskoeffizienten für Trockensubstanz, Rohprotein und Umsetzbare Energie ermittelten sie durch Regressionsgleichung 49, 58 bzw. 42 %. Die Biologische Wertigkeit des Kotrohproteins war nicht signifikant anders als die des Grundfutterrohproteins, aber die NPU (Net Protein Utilization) war aufgrund der geringen Verdaubarkeit niedriger. Als Wert für die Umsetzbare Energie von Schweinekot, getrocknet wie frisch, gaben HOLLAND et al. (1975) 2,07 kcal/g Trockensubstanz an. Die geringe Energiedichte und obendrein die schlechte Proteinqualität lassen Schweinekot für die Verfütterung an Mastschweinen wenig geeignet erscheinen.

4.2.1.2. Verfütterung von Geflügeltiefstreu

GERI (1968) berichtete über 3 Versuche zu diesem Thema. Ab 17 kg Lebendgewicht erhielten Mastschweine getrocknete Legehennentiefstreu zu 7 bis 10 % der Ration bei ad libitum-Fütterung. Wachstumsrate, Futterverwertung und Verdauung waren stark beeinträchtigt. In späteren Versuchen mit Schweinen ab 30 bis 33 kg Lebendgewicht mit 10 % Tiefstreu in der Ration ergaben sich keine Verdauungsabnormalitäten, Futterverwertung und Gewichtszunahmen waren einer Kontrollgruppe ähnlich.

PHELPS (1969) hielt aufgrund von entsprechenden Versuchen bis 20 % Anteil von getrockneter Tiefstreu im Futter jüngerer Schweine und bis 45 % bei älteren Schweinen über 34 kg für möglich. Zunahme und Futterverwertung der so gefütterten Tiere waren zwar schlechter, aber insgesamt war die Schweinemast kostengünstiger.

PEREZ-ALEMAN et al. (1971) verfütterten 10 bis 30 % getrocknete Broilertiefstreu an Mastschweine von 23 bis 85 kg Lebendgewicht in einer sonst normalen Ration. Sie fanden eine negative lineare Beziehung zwischen Tiefstreuanteil einerseits sowie Gewichtszunahmen, Futterverwertung und Ausschlachtung andererseits. Je Erhöhung um 10 % Tiefstreuanteil in der Ration wurde der Zuwachs um 0,02 kg pro Tag, die Futterverwertung um 0,25 Einheiten und die Ausschlachtung um 0,96 % verschlechtert. Geflügeltiefstreu ist zur Verfütterung an Mastschweine nicht geeignet.

4.2.1.3. Verfütterung von Geflügelexkrementen (ohne Einstreu)

KNIGHT (1972) untersuchte die Verwendbarkeit von Geflügeltrockenexkrementen (DPW = Dehydrated Poultry Waste) im Futter für Mastschweine. Seine Ergebnisse zeigten, daß nicht mehr als 5 % DPW in den Rationen für Mastschweine enthalten sein sollten, sogar bei 5 % stellte er schon eine leichte Verschlechterung der Futterverwertung fest. DAWSON (1971) und EATON (1970) erhielten Versuchsresultate, aufgrund derer sie maximal 5 %

DPW-Anteil im Mastschweinefutter für vertretbar halten. ORR (1971) und ORR et al. (1971) verfütterten 20 % DPW in einer herkömmlichen Ration für Mastschweine. Die Futteraufnahme sank um 15 %, die täglichen Zunahmen und die Futterverwertung verschlechterten sich noch weit mehr. ORR et al. (1971) führten diese negativen Einflüsse auf besonders niedrige Gehalte an Methionin und Lysin sowie hohe Ca-Gehalte im DPW zurück. Geflügelexkremente sind wie Schweinekot für die Verfütterung an Mastschweine ungeeignet.

4.2.1.4. Verfütterung von Wiederkäuerexkrementen

Außer den bereits erwähnten älteren Arbeiten, die eine Verfütterung von Rinderkot wegen des Vitamin B_{12}-Gehaltes vorschlugen, liegen neuere Arbeiten über dieses Gebiet nicht vor. Eine Verfütterung von Rinderkot an Mastschweine erscheint wenig sinnvoll.

4.2.2. Verfütterung nicht biologisch behandelter tierischer Exkremente an Geflügel

Es muß beachtet werden, daß die Ergebnisse bei Legehennen zum Teil anders sind als bei wachsendem Geflügel.

4.2.2.1. Verfütterung von Schweineexkrementen

Durch die Verwendung von Schweinekot in Nichtwiederkäuerrationen wird in Abhängigkeit von der Einsatzhöhe die Energiekonzentration der Ration gesenkt (HENNIG und POPPE, 1976). Den niedrigen Energiegehalt der Ration gleichen die Hennen in einem bestimmten Bereich durch Futtermehrverzehr aus (JEROCH et al., 1974).

4.2.2.2. Verfütterung von Geflügeltiefstreu

Nach HENNIG und POPPE (1976) beträgt bei Geflügel die Verdaulichkeit der organischen Substanz für Broilertiefstreu im Mittel 42 %. Der Anteil an wertbestimmenden Inhaltsstoffen ist sehr verschieden und wird von der Nutzungsrichtung, der Wachstumsgeschwindigkeit und der Futterverwertung der exkrementeproduzierenden Tiere beeinflußt. Auch können natürlich Art und Menge des Einstreuanteils bei Geflügeltiefstreu dessen Inhaltsstoffe wesentlich beeinflussen.

CENNI et al. (1969) zeigten, daß 10 % getrocknete Broilertiefstreu in der Ration statt 10 % Mais oder 13 % Fleischmehl bei ad libitum-Fütterung das Wachstum von Mastküken nicht beeinflussen. Die Futterverwertung verschlechterte sich aber signifikant.

BHATTACHARYA (1964) berichtete, daß 13,9 % oder 16,7 % getrocknete Broilertiefstreu in der Ration, die 1/6 bzw. 1/5 des Rohproteins einer Grundration ersetzten, bei ad libitum-Fütterung die Gewichtszunahmen nicht beeinflußten.

QUISENBERRY und BRADLEY (1969) formulierten Legehennenrationen teils mit 10 und 20 % Broilertiefstreu (getrocknet) und teils mit 10 und 20 % Legehennenexkrementenanteil, die gegenüber einer Kontrollration und untereinander isokalorisch und isonitrogen gestaltet wurden. Auswirkungen auf Körpergewicht, Eiproduktion, Futterverwertung und Eigröße stellten sich nicht ein.

WEHUNT et al. (1960) setzten als Zusatz zu proteinsuboptimalen Rationen für Mastküken Broilertiefstreu ein. Der Gewichtszuwachs war größer als bei Kontrolltieren. Die Futterverwertung besserte sich nicht im gleichen Maß; bei mehr als 10 % Tiefstreugehalt in der Ration nahm sie ab. Das Rohprotein wurde weniger gut genutzt als das herkömmliche Futtermittel, aber die Reinproteinausnutzung (etwa 1/3 des Rohproteins bei Tiefstreu) war gleich gut.

Reineiweiß aus Broilertiefstreu kann also in kleinem Umfang Reineiweiß aus herkömmlicher Quelle ersetzen.

4.2.2.3. Verfütterung von Geflügelexkrementen (ohne Einstreu)

Geflügelexkremente wurden in den Versuchen in der Regel nur getrocknet an Geflügel verfüttert (etwa 10 % Feuchtigkeit). Als Gehalt an Umsetzbarer Energie wurden Werte von 480 kcal/kg bis 1920 kcal/kg ermittelt.

Tabelle 1: Umsetzbare Energie in getrockneten Geflügelexkrementen bei Verfütterung an Geflügel (Übersicht über ermittelte Werte)

Autoren	kcal/kg Geflügeltrockenexkremente
PRYOR und CONNOR (1964)	1100
LOWMAN und KNIGHT (1970)	1570
HODGETTS (1971)	1920
POLIN et al. (1971)	1350
NESHEIM (1972)	480
	bis 759
HARNISCH (1974)	1180
	± 140

Der Einsatz von DPW in der Aufzucht oder Mast von Geflügel sowie in der Eiproduktion wird vor allem durch die geringe Energiekonzentration begrenzt (COUCH, 1972). Bei Rationen mit relativ wenig DPW kann der durch die DPW-Einmischung verringerte Energiegehalt der Rationen durch insgesamt höhere Futteraufnahme kompensiert werden. Bei höheren DPW-Gehalten muß durch Fettzusatz o.ä. der Energiegehalt der Rationen angehoben werden. PRESSER und OUSTERHOUT (1972) ermittelten, daß bei besonders energiereich formulierten Rationen und bei gleichzeitig niedrigem Zusatz von Exkrementen diese bis zu 60 % genutzt werden können. Neben dem geringen Energiegehalt von DPW begrenzt auch der hohe Anteil an NPN-Verbindungen (47-64 % der

Trockensubstanz!), besonders an Harnsäure, die DPW-Verwendung in Geflügelrationen. Der Stickstoff der Harnsäure, der 30 bis 60 % des NPN beträgt, wird von Geflügel nicht genutzt (BARE et al., 1964; BLAIR, 1972). Getrocknete Geflügelexkremente enthalten 4 bis 10 % Harnsäure (BAKER, 1946; BOSE und GHOSH, 1945), der Gehalt von mehr als 1 % Harnsäure in der Ration mindert das Wachstum von Küken (BARE et al., 1964). Die scheinbare N-Verdaulichkeit der DPW wird von YOSHIDA und HOSHII (1968) mit 53 %, die wahre von BLAIR und KNIGHT (1973) mit 74,7 % beziffert. Im Rohprotein der DPW ist der Gehalt an Methionin wohl in erster Linie limitierend für die Proteinwertigkeit (BHATTACHARYA und TAYLOR, 1975; ORR, 1971). Trotzdem wurde DPW auch zur Ergänzung von Aminosäuren-Mangelrationen bei Geflügel eingesetzt. RINEHART et al. (1973) sahen bei Broilern keinen Effekt, bei Legehennen aber eine leichte Leistungssteigerung, wenn nicht mehr als 21 % der Ration aus DPW bestand. BLAIR und LEE (1973) stellten ähnliches fest und folgerten, daß im DPW enthaltene Aminosäuren unter bestimmten Bedingungen genutzt werden können.

FLEGAL und ZINDEL (1969) formulierten Legehennenversuchsrationen mit 0 bis 40 % DPW-Anteil; 10 % gaben die besten Eiproduktionen. Dieselben Autoren (1971) berichteten, daß Futterverwertung, Eiproduktion und Eiqualität auch bei 20 % DPW-Anteil nicht beeinträchtigt waren. Bei gleichzeitig unternommenen Wachstumsversuchen mit Küken mit bis 20 % DPW in der Ration fanden sie heraus, daß mit zunehmendem Anteil die Futteraufnahme stieg und die Futterverwertung abfiel. Mehr als 5 % DPW reduzierten die Gewichtszunahme, Zusatz von Fett (4 %) in Rationen mit hohem (20 %) DPW-Anteil konnte die Gewichtszunahmen normal halten. Ähnliches berichteten McNAB et al. (1972). BIELY et al. (1972) fanden bei über 10 % DPW-Anteil an der Ration bei Legehennen und wachsendem Geflügel reduzierte Futterverwertung. HODGETTS (1971) stellte bei Legehennen gleiches fest, sprach dabei dem DPW nur eine Wirkung als Füllstoff oder Verdünner zu und glaubte, mit Sägemehl ähnliches erreichen zu können.

In neueren Arbeiten setzten TRAKULCHANG und BALLOUN (1975 a) DPW in Niedrig-Protein-Rationen für Broiler und Legehennen ein, bei denen sie auf gleichen Energiegehalt und gleichen Reinproteingehalt achteten. Der Rohproteingehalt war verschieden. Es ergab sich, daß sogar bis 20 % DPW-Anteil an der Ration weder die Gewichtszunahmen noch die Futterverwertung beeinflußten. Dennoch waren die N-Ausnutzung und der N-Ansatz signifikant herabgesetzt. Ein Anteil von 25 % DPW in entsprechend formulierten Legehennenrationen führte zu abnehmender Eiproduktion und Futterverwertung, ein Anteil von 12,5 % jedoch nicht. Damit konnten sie die Erkenntnisse von BLAIR und LEE (1973) s.o. in etwa bestätigen. TRAKULCHANG und BALLOUN (1975 b) variierten ihren Broilerversuch, indem sie den Tieren kontinuierlich ihren eigenen Kot wiederverfütterten. Dabei kam es schon bei 10 % DPW-Anteil zu verminderter Gewichtszunahme durch geringere Futteraufnahme und bei 20 % Anteil zusätzlich noch zu schlechterer Futterverwertung. Durch DPW-Zusatz zum Geflügelfutter ist insgesamt eine leichte Futterkostensenkung möglich (FLEGAL und ZINDEL, 1969; HODGETTS, 1971). Auch bei Moschusentenmast konnten mit 7 % DPW-Anteil in der Ration die Futterkosten um etwa 5 % gesenkt werden (TÜLLER, 1971).

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß mehrere Autoren darin übereinstimmen, daß eine DPW-Einmischung in Broilerrationen bis maximal 5 % und in Legehennenrationen bis 10 % ohne bedeutende Leistungsminderung möglich ist (BHATTACHARYA und TAYLOR, 1975; BLAIR und KNIGHT, 1973; CENNI et al., 1969). Insgesamt ist aber die quantitative Verringerung des Gesamtanfalls an Exkrementen durch Recycling über Legehennen jedoch nur gering (NESHEIM, 1972). Im ganzen werden maximal 16 (YOUNG und NESHEIM, 1972) bis 25 % (OUSTERHOUT und PRESSER, 1971) weniger anfallen. SHANNON et al. (1972) ermittelten eine Gesamtreduktion von 24,4 % der Trockensubstanz. BLAIR und KNIGHT (1973) errechneten mit 20 bis 25 % einen ähnlichen Wert. RINEHART et al. (1973) sprachen getrockneten Geflügelexkrementen jeden Wert als Broilerfutter ab, das Kotvolumen der Versuchstiere stieg entsprechend dem Trockenkotverzehr.

4.2.2.4. Verfütterung von Wiederkäuerexkrementen

Entsprechende Untersuchungen liegen nur für den Kot von Wiederkäuern vor.

WHITSON et al. (1946) verfütterten 8 % getrockneten Kuhkot in einer Legehennenration und fanden eine deutliche Senkung der Eiproduktion. LIPSTEIN und BORNSTEIN (1973) setzten ebenfalls getrockneten Kuhkot in Legehennenrationen in Anteilen von 0, 10, 20 und 30 % ein. Körpergewicht und Eiproduktion sanken mit zunehmendem Anteil. Die N-Retention sank von 36 % auf 20 %. Als Umsetzbare Energie ermittelten sie den niedrigen Wert von etwa 500 kcal/kg Trockensubstanz, bei allerdings 30 % Rohaschegehalt in getrocknetem Kot. Als Einsatz in Legehennenrationen scheint Kuhkot somit nicht in Frage zu kommen. Auch beim Einsatz in Broilerrationen sahen LIPSTEIN und BORNSTEIN (1971, 1973) aufgrund von 2 Untersuchungen keinen Erfolg. Getrockneter Rinderkot wies keinen verwertbaren Energiegehalt auf, vom N-Gehalt wurde nichts retiniert. Auch bei geringem Anteil in der Ration zeigte sich schon ein negativer Effekt, da die Küken Trockenkotrationen nicht gern aufnahmen und kompensatorisch durch Futtermehraufnahmen den geringeren Energiegehalt von Kuhkot nicht ausglichen. Trockenkoteinsatz führte in jedem Falle zu verringertem Wachstum.AYYALUSWAMI et al. (1967) berichteten im gleichen Sinn über beeinträchtigtes Wachstum bei schlechter Futterverwertung.

PALAFOX und ROSENBERG (1951, 1952) stellten bei geringen Trokkenkotanteilen im Legehennenfutter keine Beeinträchtigung der Legeleistung fest, erst ab 15 % Anteil in der Ration ergab sich eine signifikant reduzierte Eiproduktion. DURHAM et al. (1966) kamen zu ähnlichen Ergebnissen.

HENNIG und POPPE (1976) sehen als Ursache für solche unterschiedlichen Ergebnisse den von verschiedenen Autoren festgestellten, schwankenden Androgengehalt des Wiederkäuer-Kotes an (D'ADDAMIO und WILLIAMS, 1972; LUECKER und BUTTERWORTH, 1960; PALAFOX und ROSENBERG, 1952; RILEY und HAMMOND, 1942). In dieser Richtung liegen auch die von ATMARAN et al. (1971) mitge-

teilten Befunde, daß durch Zusatz von getrocknetem Schafkot zu Kükenrationen ein stärkeres Kamm- und Kehllappenwachstum auftrat. Nach PALAFOX und ROSENBERG (1971) wird bei 5 % getrocknetem Kuhkot in der Ration bei beiden Geschlechtern das Kammwachstum gefördert.

Der in der Regel hohe Rohfasergehalt von getrocknetem Wiederkäuerkot (19-38 %) schließt eine Nutzung beim Geflügel weitgehend aus (BHATTACHARYA und TAYLOR, 1975; HENNIG und POPPE, 1976).

WARD et al. (1975 a, b) berichteten über das sogenannte Cereco-Verfahren der Firma Ceres Ecology Corporation in Sterling, Colorado (USA), bei dem Rinderkot in 3 Fraktionen aufgetrennt wird, eine rohfaserreiche, eine proteinreiche und eine aschereiche. Mit der proteinreichen Fraktion, die 24 bis 27 % Rohprotein, 3 % Rohfett, unter 1 % Rohfaser, aber 34 bis 40 % Asche enthielt, wurden Fütterungsversuche unternommen. Bei Versuchen mit Broilern konnte die proteinreiche Fraktion zu 5 % der Ration gut eingesetzt werden, bei höheren Anteilen wirkte sich die aufgrund des hohen Aschegehaltes geringe Energiedichte auf die Gewichtszunahme bereits negativ aus. Bei Legehennen führte ein Anteil von bis zu 30 % der Ration noch zu keiner nennenswerten Verschlechterung der Legeleistung (WARD et al., 1975 a, b).

4.2.3. Verfütterung von nicht biologisch behandelten tierischen Exkrementen an Fische

Die oben beschriebene proteinreiche Rinderkotfraktion des Cereco-Verfahrens wurde auch versuchsweise an Regenbogenforellen verfüttert (WARD und SECKLER, 1975 a). Während einer 150tägigen Versuchszeit erhielten die wachsenden Forellen eine Ration, die 14 % der proteinreichen Fraktion von Rinderkot enthielt. Signifikante Unterschiede im Zuwachs gegenüber einer Kontrollgruppe wurden nicht beobachtet.

DURHAM et al. (1966) berichteten über gute Zunahmen bei Welsen, die eine aus 59 % getrocknetem Rinderkot und 41 % Baumwollsaatkuchen zusammengesetzte Ration erhielten.

4.2.4. Verfütterung von nicht biologisch behandelten tierischen Exkrementen an Ratten

YOSHIDA und HOSHII (1968) berichteten über eine scheinbare Verdaubarkeit von DPW-Stickstoff bei Ratten von 56 %. Bedingt durch den hohen Gehalt an NPN-Verbindungen ergab sich bei N-Bilanzversuchen mit getrocknetem Geflügelkot nur eine biologische Wertigkeit von 27 (VOGT, 1974 a, b).
EGGUM und CHRISTENSEN (1974) verfütterten Schweinekot an Ratten. Sie stellten eine Rohproteinverdaubarkeit von 60 % und eine gegenüber herkömmlichen Futtermitteln geringe Verdaubarkeit der Energie fest.

5. Biologische Behandlung tierischer Exkremente

5.1. Einbeziehung von Exkrementen in Silage

Über die Verwendung von Geflügel- und Wiederkäuerexkrementen bei der Silagebereitung berichten zahlreiche Autoren (ANTHONY, 1968 b, 1971; CASWELL et al., 1974, 1975; FONTENOT et al., 1975; HARMON, B.W. et al., 1972, 1973, 1975 a, b; McCLURE et al., 1973; MOORE und ANTHONY, 1970; SAYLOR und LONG, 1972; VETTER und BORROUGHS, 1974; VEZEY und DOBBINS, 1975; WARD et al., 1974).

Während des Silierens werden Harnsäure, Harnstoff und Kreatinin vollständig abgebaut, der Stickstoff wird größtenteils derart gebunden, daß er dem Wiederkäuer weitgehend verfügbar ist. Die Neubildung von Aminosäuren wurde nachgewiesen, nach MOORE und ANTHONY (1970) erhöht sich ihr Gehalt um 20 %. Besonders wesentlich ist bei diesem Verfahren die außerordentliche An-

reicherung von organischen Säuren in der Silage (McCLURE et al., 1973; MOORE und ANTHONY, 1970).

Die Fütterungsversuche waren bisher erfolgreich (ANTHONY, 1968 b; CASWELL et al., 1974, 1975; FONTENOT et al., 1975; HARMON, B.W. et al., 1972, 1975 b; McCLURE et al., 1973; SAYLOR und LONG, 1972; VETTER und BORROUGHS, 1974; WARD et al., 1974). Eine Eiweißproduktion ist nicht unbedingt Ziel dieses Verfahrens, da das Endprodukt ausschließlich an Wiederkäuer verfüttert wird. Aus diesem Grunde wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht weiter auf dieses Gebiet eingegangen.

5.2. Nichtbakterielle biologische Behandlung tierischer Exkremente

5.2.1. Kotabbau durch Regenwürmer

BARRETT (1946), FOSGATE und BABB (1972), GRAFF (1973), McINROY (1971) und VOGT (1971) berichteten über die Vermehrung von Regenwürmern in Gemischen von Rinderkot, Erde und Zuschlagstoffen. Rinder- und Geflügelgülle ließen sich nicht verwenden (GRAFF, 1973).

Genaue quantitative Angaben über eine Eiweißvermehrung in diesem Regenwurm-Kot-Erde-System fehlen. Das aus Regenwürmern gewonnene Mehl erwies sich den Analysen nach und in Versuchen mit Mäusen als vollwertiges Futtermittel (McINROY, 1971).

5.2.2. Abbau durch Fliegenlarven

Fliegenlarven eignen sich im Gegensatz zu Regenwürmern auch zum Abbau von Geflügelexkrementen (CALVERT et al., 1969, 1970, 1971; MILLER, B.F., 1969; MILLER, B.F. et al., 1969, 1974; SPLITTGERBER, 1971; TEOTIA und MILLER 1970, 1971, 1973, 1974; PRAWIROKUSUMO, 1975) und Schweinegülle (ANDRJUCHIN, 1974).

Das aus getrockneten Fliegen und Puppen bereitete Mehl ist ein hochwertiges Eiweißfuttermittel, wie Fütterungsversuche mit Küken zeigten (CALVERT, 1969, 1971; TEOTIA und MILLER, 1970, 1973, 1974). Nach ANDRJUCHIN (1974) können aus 500 kg Schweinegülle 100 kg Larven erzeugt werden.

Der nach Gewinnung der Fliegenpuppen oder Fliegenlarven verbleibende geruchfreie Rückstand eignet sich nicht mehr als Futtermittel (TEOTIA und MILLER, 1970, 1974). Auf die Trockensubstanz bezogen beträgt der Rückstand etwa 50 % der Ausgangsmenge.

PRAWIROKUSUMO (1975) verfütterte 6 Tage anaerob gelagerte und dann getrocknete Geflügelexkremente im gleichen Anteil an der Ration wie gleichbehandelte, aber am 1.Tag mit 3 Fliegenlarven/g beimpfte Exkremente an Küken. Die Zunahmen bei der Gruppe, die mit dem getrockneten Kot die darin enthaltenen Fliegenpuppen aufnahm, waren gegenüber der anderen besser. Es schien durch die Beimpfung mit Fliegenlarven und die Entwicklung derselben im Kot zu einer für die Verwertung günstigen Aminosäuren-Neu- oder zumindest Umbildung gekommen zu sein.

5.2.3. Exkremente als Nährsubstrat für Algen

Algen spielen in Oxidationsteichen, wie sie vor allem in heißen, sonnigen Klimazonen der USA benutzt werden, um landwirtschaftliche Abwässer aerob zu behandeln, eine wichtige Rolle (BAADER et al., 1972; CLARK, 1964; HART und GOLUCKE, 1965; LOEHR, 1974; MULLIGAN und HESLER, 1972). Sie decken den O_2-Bedarf der Bakterien zum Abbau organischer Substanz. Die Bakterien produzieren wiederum CO_2, das für die Algen nötig ist.

In neuester Zeit werden Produktionssysteme untersucht, die im größeren Umfang Algen und damit vor allem Eiweiß aus Gülle gewinnen. BOERSMA (1975) errechnete, daß beim derzeitigen Stand der Algenausbeute aus den Exkrementen eines Schweines ohne weitere Zusätze 22 % des täglichen Proteinbedarfs gewonnen

werden können. Das Verfahren ist jedoch technisch und energetisch (Licht, Wärme) recht aufwendig, daher wird neuerdings versucht, durch integrierte Methangasgewinnungs- und Wärmeaustauschsysteme die Kosten zu senken (MINER et al., 1975).

5.2.4. Exkremente als Nährsubstrat für Pilze (Fungi imperfecti)

In verschiedenen Publikationen werden Versuche beschrieben, bei denen Exkremente als Nährsubstrat für Sproßpilze (Hefen) und für Fadenpilze verwendet wurden.

SINGH und ANTHONY (1968) berichteten über Hefezucht auf Rinderkot. Sie extrahierten dazu die unlösliche, faserhaltige Fraktion des Kotes mit 3 %iger Säure und Dampf. Den neutralisierten Extrakt vermischt mit der löslichen Fraktion nahmen sie dann als Hefenährboden. Nach ZAJCEV et al. (1972) kann aus 20 t Schweinekot (ca. 5 t Trockensubstanz) 1 t Futterhefe hergestellt werden. VOGT (1974 a) berichtete von einem Verfahren aus der Moldauischen SSR, bei dem Schweinegülle zunächst zum Aufschluß der Cellulose mit Schwefelsäure, Wärme und Druck behandelt wird. Danach wird ein abgetrennter flüssiger Teil mit Ammoniakwasser versetzt und als Substrat für Futterhefe benutzt. 750 t Futterhefe pro Jahr sollen so allein in einem Betrieb hergestellt worden sein (SAHM, 1974). Vom gleichen Verfahren berichtet SLEJZER (1973). KALICH (1976) benutzt unter anderem Hefe zur Beimpfung aerob behandelter Schweinegülle.

YECK et al. (1975) und GRIFFIN et al. (1974) berichteten von der erfolgreichen Fermentation von Rindergülle mit Hilfe von Trichoderma viridae. Die Pilze produzieren große Mengen Cellulase und sind so in der Lage, Cellulose und Hemicellulose aufzuschließen. Zwei Drittel der Kohlenhydrate können sie so für sich nutzen. Sterile Bedingungen brauchen nicht eingehalten zu werden, nur muß der pH-Wert zwischen 3 und 4 eingestellt werden. Die Gülle wird dabei geruchfrei. Vom Stickstoff geht nichts verloren. Die organische Substanz wird zu 24 % abge-

baut. Die Mycelien könnten gewonnen und als Futtermittel eingesetzt werden, sie enthalten 50 % Rohprotein.

5.3. Bakterielle biologische Behandlung tierischer Exkremente

Bakterien eignen sich als Futtermittel auch für Nicht-Wiederkäuer. MASON und PALMER (1971) setzten aus dem Pansen isolierte Bakterien in einer Versuchsration bei Ratten ein und ermittelten eine Verdaubarkeit des Bakterienstickstoffs von 80 %, eine Biologische Wertigkeit (BW) von 71 % und eine NPU (Net Protein Utilization) von 57 (%).

5.3.1. Bakterieneiweißproduktion mit tierischen Exkrementen als Nährsubstrat nach physikalisch-chemischen Aufschlußverfahren

Ähnlich wie bei dem unter 5.2.4. beschriebenen Hefeproduktionsverfahren vermehrt eine Versuchsanlage der General Electric in Arizona Bakterien auf Rinderexkrementen (MANTHEY, 1972). Anfangs erfolgt eine chemische Behandlung der Rohfaserfraktion, die diese für bestimmte thermophile Bakterien verfügbar macht. Im weiteren Verlauf werden noch andere Nährstoffe zugegeben. So wird aus etwa 220 kg Rinderkot pro Tag eine Ausbeute von 60 kg eines Eiweißproduktes erreicht. Wegen des geringen Rohfasergehaltes in Schweine- und Geflügelexkrementen soll das Verfahren für sie nicht geeignet sein.

5.3.2. Bakterieneiweißproduktion mit tierischen Exkrementen als Nährsubstrat ohne vorherigen physikalisch-chemischen Aufschluß

Bei diesen Verfahren wird die Tätigkeit vorhandener anaerober, aerober oder fakultativ anaerober bzw. aerober Bakterien zum Abbau der organischen Bestandteile der Gülle genutzt.
Die Verfahren wurden in ihren Grundformen von der Klärtechnik übernommen, sie sind entweder anaerob oder aerob.

Die angestrebte Hauptreaktion ist folgende:

energiehaltige organische Güllesubstanz + Mikroorganismen
⟶ Endprodukte + mehr Mikroorganismen (LOEHR,1974)

Beim anaeroben Prozeß erhalten die Bakterien ihre Energie durch Umwandlung organischer Substanz ohne die Hilfe des Sauerstoffs, es kommt nicht zur Endoxidation zu CO_2 und H_2O, es bleiben höhermolekulare Endsubstanzen, zum Teil als übelriechende Fäulnisprodukte. Nach HENNIG et al. (1972/73) kommt es bei Lagunenlagerung von Gülle zu einer Anreicherung von Rohprotein und Rohfett. Der Futterwert der Lagunengülle wird zur Zeit untersucht (HENNIG und POPPE, 1976). Der Gehalt an Fäulnisprodukten dürfte die Futterqualität stark beeinträchtigen.

Beim aeroben Prozeß wird die organische Substanz mit Hilfe des Sauerstoffs oxidiert. Für die gezielte Produktion von Bakterienprotein wurden offene Oxidationsgräben mit umlaufendem Inhalt und offene bzw. geschlossene Belüftungsbehälter mit Umwälzvorrichtung benutzt.

5.3.3. Der Oxidationsgraben als Produktionsstätte von Bakterieneiweiß

Sogenannte Oxidationsgräben werden für Geflügel-, Rinder- und Schweinegülle benutzt. Sie sind in zahlreichen Arbeiten beschrieben worden. DAY et al. (1975) geben darüber einen Überblick. An der Universität Illinois wurde 1964 ein Versuchsstall mit Vollspaltenboden für Schweine direkt über einen Oxidationsgraben erbaut. Er sollte zunächst der Erforschung mikrobieller Behandlung von Gülle vor der Ausbringung dienen. Die Bau- und Betriebskosten erwiesen sich als so hoch, daß versucht wurde, die durch die Oxidation in Form von Bakterien gebildeten Nährstoffe anderweitig zu nutzen. Analysen des Grabeninhalts ergaben einen Trockensubstanzgehalt von nur etwa 3 bis 4 % des ODML (oxidation ditch-mixed liquor) genannten Produktes. Dadurch war eine Gewinnung von Einzellern in konzentrier-

ter Form schwierig (Anonym, 1974). Es wurde dann versucht, durch Anhalten der Belüftungsrotoren die Feststoffe zum Absetzen zu bringen (DAY und HARMON, 1972; HARMON, B.G. et al., 1969, 1972 a). Der flüssige Überstand wurde abgelassen, der ODR (oxidation ditch residue) genannte Rückstand wurde getrocknet und an Ratten verfüttert. Die Ergebnisse waren nicht befriedigend. Der Rohproteingehalt des getrockneten ODR betrug 27,7 %.

HOLMES et al. (1971) fanden heraus, daß die höchste Rohproteinkonzentration sich in den kleinsten Schwebeteilchen befand. HARMON, B.G. et al. (1972 b) bekräftigten dieses mit einer Untersuchung von ausgesiebten ODML-Fraktionen, die ergab, daß die Aminosäurenkonzentration anstieg mit abnehmender Partikelgröße. Es war also bei der ODR-Gewinnung mit dem Überstand ein großer Teil der durch Bakterien synthetisierten und im hochwertigen Bakterienprotein gebundenen Aminosäuren ungenutzt verworfen worden. Bei einem anderen Verfahren wurde ein Teil der ODML in einen Tank gepumpt und anaerob gelagert. Durch Abbauvorgänge im Bodensatz stiegen bald feine Gasblasen auf, die kleinere, auch suspensierte Partikel mit an die Oberfläche nahmen. Dort bildete sich eine halbfeste Schwimmschicht. Sie wurde entfernt, getrocknet und gemahlen als DASR (dried anaerobic surface residue) in Versuchsrationen an Ratten und Schweine verabreicht. Der Rohproteingehalt in der Trockensubstanz des DASR betrug nur 9 % (DAY und HARMON, 1972; HARMON, B.G. et al., 1973). Die Versuchsergebnisse waren unbefriedigend. Wieder, so nahmen HARMON, B.G. et al. (1973) an, war die Methode nicht geeignet gewesen, die Einzellerproteinfraktion anzureichern. Aufwendigere Verfahren zur Gewinnung oder Anreicherung der Nährstoffe mußten aus Kostengründen ausgeschlossen werden. So wurde, mit Ausnahme von experimentellem Einsatz von gefriergetrockneter ODML in Rattenrationen, ODML in weiteren Versuchen mit Nicht-Wiederkäuern, die auch an anderen Orten durchgeführt wurden, nur noch zur Bereitung von Flüssigfutter oder als Tränke verabreicht. Immerhin wurde dadurch die mit Aminosäuren am stärksten angereicherte Phase verfüttert, denn in den Oxidationsgräben setzte sich eine feste Schlammschicht ab (BRINKER et al., 1975 b; HARMON, B.G. und DAY, 1974), die wie schon bemerkt nur einen geringen Teil des gesamten Amino-

säurengehaltes enthielt. Es könnte dies als Vorteil des Oxidationsgrabens gegenüber anderen Systemen betrachtet werden, die Gülle intensiver umwälzen, so daß keine Absetzschicht entsteht.

Die Ablagerungen wurden offensichtlich bei den Trockensubstanzbestimmungen von HARMON, B.G. et al. (1973, 1974) und DAY und HARMON (1972) nicht berücksichtigt. Auch andere Analysenwerte, wie Aminosäurengehalte, die sich auf den Trockensubstanzgehalt der ODML beziehen, sind somit wohl als verzerrt anzusehen.
Um eine gute Durchlüftung zu gewährleisten, darf der Trockensubstanzgehalt in Oxidationsgräben nicht viel höher sein als 3 %. Gehalte über 5 % stören bereits die Zirkulation (DAY et al., 1975). Der von HARMON, B.G. et al. (1973, 1974) und DAY und HARMON (1972) ermittelte Trockensubstanzgehalt der ODML lag in allen Versuchen um 3 %. Dieser geringe Trockensubstanzgehalt kam nicht nur durch die Sedimentation fester Teile zustande, sondern auch durch Wasserzusatz. Nach HARMON, B.G. und DAY (1974) und HOLMES et al. (1971) war eine Verdünnung mit Wasser immer wieder nötig, damit eine gute Fließfähigkeit im Graben erhalten blieb.
HORE und SPENCER (1970) weisen darauf hin, daß unter bestimmten Voraussetzungen bis zu 60 % des Wassers aus Oxidationsgräben verdunsten können. Leider ist über die Klimaverhältnisse bei den Versuchen von HARMON, B.G. et al. (1973, 1974) und DAY und HARMON (1972) keine Angabe in den Publikationen enthalten.

5.3.4. Bakterieneiweißproduktion durch Umwälzbelüftung tierischer Exkremente

Die Umwälzbelüftung ist in verschiedenen Arbeiten beschrieben worden (JENSEN, 1974; LAUR, 1974; PÖPEL, 1970 a; RIEMANN, 1972; TRAULSEN, 1971). Ursprüngliches Ziel war es nicht, genausowenig wie beim Oxidationsgraben, Einzellereiweiß zu produzieren. Neben der vom Oxidationsgraben ebenfalls erreichten Geruchsminderung, Volumenreduzierung durch Verdunstung und Austreibung der für die Ausbringung begrenzenden Inhaltsstoffe,

insbesondere von Stickstoffverbindungen, steht beim Umwälz-Belüftungsverfahren vor allem die Hygienisierung im Vordergrund, denn Betriebstemperaturen bis 70°C können erzielt werden. Gegensätzlich zum Oxidationsgraben ist eine Bauweise, die eine gute Wärmeisolierung gegenüber der Umwelt erlaubt. Technisch mögliche hohe Umwälzungs- und Belüftungsraten erlauben dem Gerät mit unverdünnter, ja sogar leicht eingedickter Gülle zu arbeiten. Der Umwälzbelüfter ist daher klimaunabhängig für aerobe Warm- (18 bis 42°C) und Heißverfahren (über 42°C) zu gebrauchen.
Die Ergebnisse von HARMON, B.G. et al. (1973, 1974) und DAY und HARMON (1972) und die am Umwälzbelüfter durch verschiedene Kriterien wie Wärme- und Keimzahlentwicklung festgestellten Anzeichen für lebhafte biologische Tätigkeit gaben den Anlaß, die Verfütterung umwälzbelüfteter Schweinegülle in der BRD zu überprüfen (JENSEN, 1974; MOSENTHIN, 1974). Die Versuche stellten eine lebhafte Umsetzung organischer Substanz im Gefäß fest, Versuchstiere nahmen das Produkt nach anfänglichen Schwierigkeiten gut auf.

5.3.5. Harn und Kot der Schweine als Ausgangsprodukte für die Belüftung

Harn- und Kotanfall pro Mastschwein und Tag stehen in Relation zum Körpergewicht.

Tabelle 2: Tägliche Menge an Kot und Harn bei Mastschweinen (Getreidemast) nach TIETJEN und VETTER (1972)

Kot	Harn	Kot + Harn	Kot	Harn	Kot + Harn
% v. Körpergewicht			Ø pro Tag der Gesamtmastperiode (Tiergewicht im Mittel 87 kg)		
2,0	3,0	5,0	1,73	2,62	4,35

Die Zusammensetzung des Kotes ist unter anderem von der Futterzusammensetzung und dem Alter der Schweine abhängig.

CONRAD und MAYROSE (1971) geben an, daß mit dem Kot etwa 16 % der Futtertrockensubstanz ausgeschieden werden (Getreidemast), das entspricht nach HENNIG (1971) etwa 22 % der Bruttoenergie des Futters. Der Trockensubstanzgehalt des Schweinekotes liegt bei 30 %. Da die anderen Fraktionen der Futtertrockensubstanz hochverdaulich sind, kommt es in der Kottrockensubstanz zu einer relativen Anreicherung von Rohfaser und Rohasche, auch der Rohfettgehalt ist meist erhöht.

Tabelle 3: Mittlere Rohnährstoffgehalte im Kot (Getreidemast)

	Roh-asche	Roh-faser	Rohfett in %	Rohprot. (Nx6,25) der TS	N-freie Extraktst.	Organ. Subst.
nach HENNIG u. POPPE (1976)	16 s ± 5	25 ± 5	5 ± 3	20 ± 4	34 ± 6	84
eigene Ergebnisse	16,4	22,3	7,7	15,6	38	83,6

Der Trockensubstanzgehalt des Harns von Mastschweinen liegt nach eigenen Untersuchungen bei 3 %, 35 bis 40 % der TS sind Rohasche (NEHRING, 1972).
Über den Harn werden etwa 4 % der Bruttoenergie des Futters ausgeschieden (HENNIG, 1971). Die N-Verbindungen des Harns, ausschließlich NPN-Verbindungen, liegen im Frischharn zu 60 bis 90 % als Harnstoff vor (NEHRING, 1972), der Rest verteilt sich auf NH_3, Allantoin, Hippursäure, Kreatin u.a.

Bei einstreuloser Schweinehaltung fallen Harn und Kot in vermischter Form als Gülle an, deren Zusammensetzung und Menge nach TIETJEN und VETTER (1972) von folgenden Faktoren abhängt:

Gülle = Exkremente plus Wasser (plus Einstreu)
plus Futterreste minus Verluste

Während Einstreu und Verluste im Zusammenhang mit den zu behandelnden Versuchen keine Rolle spielen, kommen Wasser und Futterresten eine nicht zu unterschätzende Bedeutung zu (s.u.). Die Menge der anfallenden Gülle schwankt in der Praxis wegen des unterschiedlichen Wassereinsatzes stark, doch das Verhältnis der Nährstoffe zueinander bleibt recht konstant. FURRER et al. (1974) rechnen bei Verfütterung von 1000 kg Futter an Mastschweine mit einem Anfall von 160 kg Gülletrockensubstanz. Der Trockensubstanzgehalt unverdünnter Frischgülle liegt nach eigenen Ergebnissen bei 8 bis 10 %, etwa 15 % des Trockensubstanzgehaltes der Frischgülle stammen aus dem Harn.

Tabelle 4: Mittlerer Rohnährstoffgehalt der Frischgülle (in % der TS)

	Rohasche	Rohfaser	Rohfett	Ges.N	Reineiw.N	Reineiw.	NPN-Verb.	N-freie Extr.st.	Organ. Subst.
nach HENNIG u.POPPE (1976)	20 ± 5	20 ± 3	6 ± 2	9 ± 3	-	-	-	20 ± 4	80
							Restsubstanzen (NPN-V. + NFE)		
eigene* Untersuchungen	22,5	17,4	4,9	8,2	1,5	9,5	45,7		77,5

* im Futter der Tiere war aerob behandelte Gülle enthalten

Nach TIETJEN und VETTER (1972) und nach eigenen Untersuchungen stammt der Stickstoff der Gülle bei Getreidemast etwa zu 1/4 aus dem Kot und zu 3/4 aus dem Harn. Bei 80 kg Körpergewicht der Schweine werden pro Tag etwa 10 g N im Kot und 30 g N im Harn ausgeschieden. Der Gesamt-Stickstoff besteht zu etwa 20 % relativ aus Reinprotein-Stickstoff. Eine Angabe des Gülle-N als Rohprotein (N x 6,25) verbietet sich, da wegen der enthaltenen Nicht-Protein-N-Verbindungen (etwa 80 % NPN) der Faktor 6,25

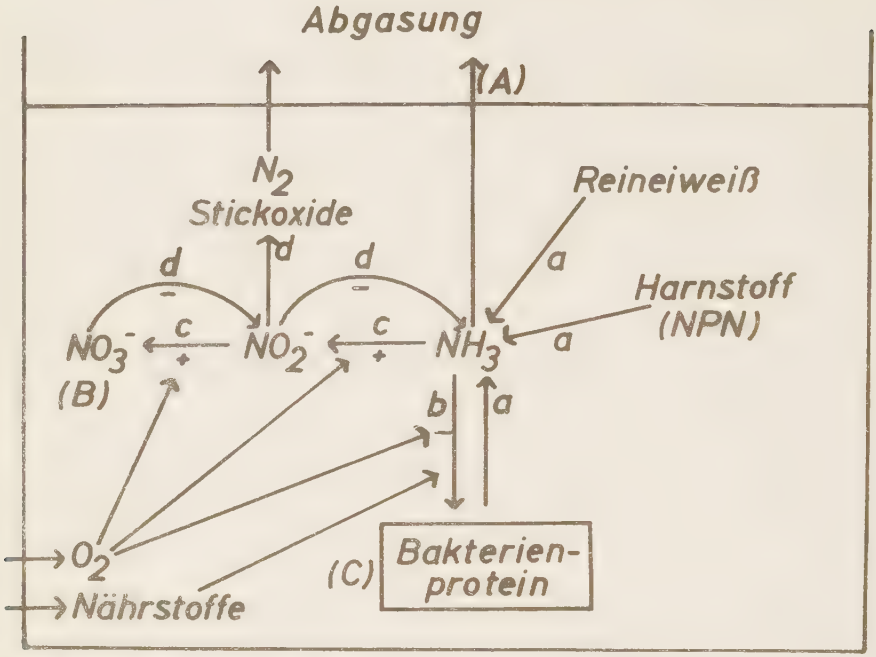
(Eiweißfaktor) nicht mehr zur Berechnung der N-Verbindungen genommen werden kann. Dadurch wird auch eine genaue Berechnung der NFE-Fraktion (NFE = N-freie Extraktstoffe) unmöglich. Möglich bleibt nach Bestimmung der Rohasche-, Rohfaser-, Rohfett- und Reineiweißanteile eine Berechnung der restlichen Trockensubstanzmenge als "Restsubstanzen" (s. Tabelle 4). Diese Fraktion enthält dann die NFE und die NPN-Verbindungen.
Aus eigenen Versuchen mit Mastschweinen mit aerob behandelter Gülle im Futter kann abgeleitet werden, daß etwa 33 % der Rohasche in Frischgülle aus dem Harn stammen, dieser Wert dürfte bei herkömmlicher Fütterung etwas niedriger liegen.

5.3.6. Biologische Vorgänge während der Belüftung von Schweinegülle

Da das Ziel des Verfahrens die möglichst umfangreiche Produktion von Bakterienprotein ist, kommt dem Stickstoffumsatz bei der Belüftung von Schweinegülle eine zentrale Bedeutung zu.

Das durch pH-Wert, osmotischen Druck (Verdünnungsgrad der Gülle) und Temperatur gekennzeichnete Milieu der Bakterien ist dabei von geringerer Bedeutung als die Sauerstoff- und Energie (Nährstoff)-Versorgung (CHANG et al., 1971; DUNN und ROBINSON, 1972; NEBIKER, 1974; eigene Ergebnisse).
Die stickstoffhaltigen Verbindungen der Gülle bestehen überwiegend aus den NPN-Verbindungen des Harns (vgl. 5.3.5., S.33). Neben dem Reineiweiß und anderen NPN-Verbindungen wird vor allem der Harnstoff der Gülle als Lieferant von NH_3 durch bakterielle Zersetzung herangezogen (Schema 1,a).
Das Ammoniak dient zum Teil den Bakterien zur Synthese von Protein (Schema 1,b) oder wird durch Nitrifikanten in Nitrit und Nitrat überführt (Nitrifikation) (Schema 1,c). Nitrifikanten (Nitrosomonas und Nitrobacter) sind "Spezialisten", die vor allem dann das Übergewicht gewinnen, wenn die Bedingungen für andere Bakterien trotz ausreichender Sauerstoffversorgung schlecht werden (im konkreten Fall wegen des Mangels an leicht verfügbaren Nährstoffen), in kleinerem Umfang sind sie jedoch auch sonst tätig.

Schema 1: Wege des Stickstoffs in behandelter Gülle



a = bakterieller Abbau

b = Bakterienproteinsynthese

c = Nitrifikation

d = Denitrifikation

\- = Energieverbrauch

\+ = Energiefreisetzung

(A), (B) und (C) s. Schema 2, S. 38

Nitrat und Nitrit werden, im Gegensatz zu anderen Meinungen (LOEHR, 1974) auch unter aeroben Verhältnissen z.T. wieder re-

duziert (CZYGAN, 1971), entweder zu NH_3 oder zu N_2 bzw. Stickoxiden (Denitrifikation im engeren Sinne) (ADRIANO et al., 1971; CHANG et al., 1971; DUNN und ROBINSON, 1972; MARTIN und LOEHR, 1975). Nitrifikation und Denitrifikation kommen also simultan vor.

Welche Reaktionsendprodukte in diesem dynamischen System überwiegen, wird zunächst einmal von der Sauerstoffversorgung beeinflußt. Bei Güllebehandlungen, die nicht primär der Bakterienproduktion dienten, wandte man diese Kenntnis an, um Stickstoff durch sehr hohe Belüftungsraten in Nitrat zu überführen, besonders in nicht kontinuierlich beschickten Systemen reicherte sich so Nitrat an (CHANG et al., 1971; GRABBE et al., 1975).

Oder man reduzierte den für die Gülleausbringung unerwünschten N-Gehalt durch ein zeitliches oder räumliches Hintereinander von Nitrifizierung (hohe O_2-Versorgung, besonders im Rotorbereich des Oxidationsgrabens) und Denitrifizierung (durch Belüftungsstop oder durch teilweise anaerobe Verhältnisse in besonderen Grabenabschnitten) (BAADER et al., 1972).
Ein anderes Verfahren ist das Austreiben von N in Form von NH_3 ("ammonia-stripping") durch nur geringe Belüftungsraten, ohne daß sich Nitrat anreichert, im Prinzip ähnlich wie bei anaeroben Systemen, nur sind hier höhere Abgasungsraten möglich (ADRIANO et al., 1971; DUNN und ROBINSON, 1972).
In manchen Systemen spielt die Nitratbildung trotz hoher O_2-Versorgung keine Rolle, das ist dort der Fall, wo Gülle nicht im absetzigen Verfahren bearbeitet wird, sondern ein offenes System vorliegt, mit kontinuierlicher Frischgülle-Beschickung und ständigem Abfluß des Inhaltes (JENSEN, 1974), wie bei dem von HARMON, B.G. et al. (1973, 1974) und DAY und HARMON (1972) an der Universität Illinois (USA) benutzten Oxidationsgraben.

HARMON, B.G. und DAY (1974, 1975) berichteten von Nitratvergiftungen bei Schweinen, die auftraten, nachdem der gefüllte Oxidationsgraben eine Zeit lang stillgelegt war und dann für einen Versuch mit wenigen Tieren, die nur wenig Frischgülle produzierten, wieder in Betrieb genommen wurde. Bei üblicher Sauerstoffversorgung war es zu einem Übergewicht der Nitrifikanten gekommen, da sich die anderen Bakterien wegen der ge-

ringen Versorgung mit verfügbaren Nährstoffen in einer Mangelsituation befanden. HARMON, B.G. und DAY (1975) senkten überhöhten Nitratgehalt im Oxidationsgraben durch Kohlenhydratzugabe, was einerseits zeigt, daß Denitrifizierung auch unter aeroben Bedingungen stattfindet und andererseits, daß bei genügendem Angebot an verfügbaren Nährstoffen kaum Nitrat gebildet wird.
NEBIKER (1974) propagiert ein Verfahren, welches er "Gesteuerte aerobe Gärung" nennt. In diesem Verfahren setzt er belüfteter Gülle Kohlenhydrate zu, was ihm in erster Linie dazu dient, die Gülle rascher geruchlos und "pflanzenfreundlich" zu machen und den gesamten Stickstoffgehalt zu bewahren. Auf diese Art kommt es auch zu einer großen Anreicherung von Aminosäuren, das heißt zu erheblicher Bakterienneubildung. Offensichtlich hat neben der Sauerstoffversorgung das Vorhandensein verfügbarer Nährstoffe eine große Bedeutung.
Die vorliegenden verschiedenen Ergebnisse und Beobachtungen könnten vereinfacht wie folgt dargestellt werden:

Schema 2: Einfluß von O_2- und Nährstoffversorgung auf die Stickstoffumsetzungen in aerob behandelter Schweinegülle

(A)* wenig O_2 ⟶ NH_3-Abgasung bevorzugt

(B)* wenig Nährstoffe + viel O_2 ⟶ Nitratbildung bevorzugt

(C)* viel Nährstoffe + genügend O_2 ⟶ Bakterienproteinbildung bevorzugt

* siehe Schema 1, S.36

Die Übergänge sind natürlich fließend, in der Regel werden alle Reaktionswege gleichzeitig, wenn auch in verschiedenem Ausmaße, beschritten. Es ist nun die Frage, ob die in der Gülle vorhandenen Nährstoffe bei kontinuierlichem Recycling hinreichen, um ein Bakterienwachstum in einem solchen Maße zu ermöglichen, daß eine Rückverfütterung der aerob behandelten Schweinegülle an Schweine Wert hat. Hier sind die Meinungen widersprüchlich.

Nach LOEHR (1974) sind Nährstoffe im Überschuß vorhanden, nach MILLER (1975), der zusammen mit ORR (1971, 1972) und selbst (MILLER et al., 1974) Fütterungsversuche mit Kot und ODML unternahm, ist der Nährstoffgehalt, und er meint insbesondere die löslichen Kohlenhydrate, so niedrig, daß kein nennenswertes Bakterienwachstum auftreten kann.
Entsprechend der Zusammensetzung der Gülle (vgl. 5.3.5., S.34) kommen als Bakteriennahrung vor allem Substanzen aus den Reineiweiß-, Rohfett- und NFE-Fraktionen in Betracht. Eine mögliche Verwertung der Rohfaser- und Rohaschefraktionen wurde in eigenen Versuchen untersucht (s. 9.5., S. 52). Ergänzend muß darauf hingewiesen werden, daß der Reineiweißgehalt der Schweinegülle, der vor allem aus bei der Darmpassage gebildetem Bakterieneiweiß besteht (MASON, 1969), auch ohne bakterielle Umwandlung in der Gülle zum Teil für Schweine verfügbar ist, was einige der unter 4.2.1. beschriebenen Fütterungsversuche zeigten. Auf einen möglichen, nicht unerheblichen Einfluß von in die Gülle gelangendem Futter auf den Nährstoffgehalt der Gülle wird später eingegangen (s. 14., S. 66).

6. Analysen-Methoden und -Ergebnisse von aerob-biologisch behandelter Schweinegülle

6.1. Die Wärmeproduktion

Auf die Tätigkeit von Mikroben in aerob behandelter Schweinegülle kann schon aus der Wärmeentwicklung geschlossen werden, sie ist besonders beim Umwälzbelüfter deutlich zu registrieren (JENSEN, 1974; PÖPEL, 1970 b, 1971). Diese Lebensäußerung der Bakterien kann jedoch nicht unbedingt mit der Bildung von Eiweiß gleichgesetzt werden. Das Verhältnis von abbauenden zu aufbauenden Vorgängen ist unterschiedlich.

6.2. Die Reineiweißbestimmung

Bei dieser Bestimmung werden durch Säure hochmolekulare Proteine ausgefällt, deren Menge dann über den N-Gehalt bestimmt werden kann. Der Reineiweißgehalt ist ein sehr gut anwendbares Maß für die Bakterieneiweißproduktion.

6.3. Die Keimzählung

Die Bestimmung der Gesamtkeimzahl wurde verschiedentlich durchgeführt (HARMON, B.G. und DAY, 1974; JENSEN, 1974; KALICH, 1976). Keimvermehrungen um das Fünffache, wie sie berichtet wurden, sind nicht gleichzusetzen mit ebensolcher Eiweißvermehrung. Die Angaben über Keimzahlen sind sehr unterschiedlich: HARMON, B.G. und DAY (1974) gaben für ODML 2,015 x 10^6 Keime/ml an, JENSEN (1974) hingegen für belüftete Gülle 540 x 10^6, dabei war der Trockensubstanzgehalt bei JENSEN etwa 2 bis 3mal so hoch wie bei HARMON, B.G. und DAY.

6.4. Die Bestimmung der Diaminopimelinsäure (DAP)

Die DAP läßt sich zur Bestimmung des Bakterienproteins benutzen (HAGEMEISTER und PFEFFER, 1973; KAUFMANN und HAGEMEISTER, 1975; MASON, 1969; MOSENTHIN, 1974), sie befindet sich in den Bakterienhüllen. Diese Membranen sind für Schweine nicht gut verdaulich, sie werden mit dem Kot zum Teil wieder ausgeschieden und reichern sich bei Recycling im ODML an. Die DAP aus den Membranen toter Bakterien verfälscht daher in diesem Fall das Ergebnis von Bakterienproteinbestimmung mit Hilfe von DAP (MOSENTHIN, 1974).

6.5. Die Aminosäurenanalyse

Diese Analyse ist ein sehr exaktes Verfahren zur Ermittlung von Aminosäuren (DAY und HARMON, 1972; HARMON, B.G. und DAY, 1974; ORR, 1971) (vgl. 6.6., S. 41).

6.6. Steigerung des Reineiweißgehaltes in aerob-biologisch behandelter Schweinegülle

Tabelle 5: Aminosäurengehalte im Schweinekot und in aerob-biologisch behandelter Schweinegülle

	Schweinekot			aerob behandelte Schweinegülle	
	(a)	(b)	(c) Mittelwerte v.(a)u.(b)	(d)	(e)
	in % der Trockensubstanz				
Lysin	1,11	1,16	1,14	1,42	1,64
Histidin	0,40	0,33	0,37	0,47	0,69
Threonin	0,80	0,97	0,89	1,96	1,25
Valin	1,04	1,15	1,10	2,06	1,83
Methionin	0,58	0,42	0,50	0,77	0,60
Isoleucin	1,03	0,96	1,00	1,49	1,47
Leucin	1,57	1,48	1,53	2,79	2,20
Tyrosin	0,65	0,87	0,76	1,17	0,89
Arginin	0,67	0,85	0,76	1,28	1,64
Phenylalanin	0,87	0,90	0,89	----	1,73
Asparaginsäure	1,37	2,13	1,75	3,73	----
Serin	0,58	0,84	0,71	2,55	----
Glutaminsäure	3,37	2,46	2,92	5,06	----
Prolin	0,91	0,83	0,87	1,29	----
Glycin	1,51	1,02	1,27	2,29	----
Alanin	1,14	1,25	1,20	2,83	----
Tryptophan	----	0,25	0,25	0,28	----
Cystein	0,12	0,31	0,22	----	0,32

(a): Werte v. EGGUM und CHRISTENSEN, 1974
(b): Werte v. ORR, 1971
(d): Werte v. HARMON, B.G. et al., 1973
(e): Werte v. ORR et al., 1972

Eine direkte Aussage über die Steigerung des Reineiweißgehaltes in der ODML gegenüber Frischgülle erfolgte bei den bisherigen Versuchen nicht. Es sind jedoch verschiedentlich Analysen der Aminosäurengehalte von Schweinekot und ODML veröffentlicht worden. Wenn die Aminosäurenwerte von Schweinekot (Mittelwerte, s. c in Tab. 5) und aerob behandelter Gülle, sofern sie bei beiden vorliegen, jeweils getrennt addiert werden, kann der Anstieg des Reinproteins in der ODML-Trockensubstanz gegenüber der Kot-Trockensubstanz abgeschätzt werden. Zwar entsprechen die Aminosäurengehalte von Kot nicht ganz denen von Frischgülle (Bezugsbasis: Trockensubstanzgehalt), da diese zusätzlich etwa 15 % Harn-Trockensubstanz enthält, jedoch gehen bei der aeroben Behandlung von Gülle etwa 13 % Trockensubstanz durch Umsetzungsprozesse verloren (eigene Untersuchungen), so daß der Unterschied der relativen Reineiweißgehalte in Frischkot und aerob behandelter Gülle ungefähr der absoluten Steigerung des Reineiweißgehaltes von aerob behandelter Gülle gegenüber Frischgülle entspricht.
Auf diese Art können bei HARMON, B.G. et al. (1973) 85 % und bei ORR et al. (1972) 56 % Steigerung des Reineiweißgehaltes gegenüber frischer Schweinegülle abgeschätzt werden.

7. Verfütterung aerob-biologisch behandelter tierischer Exkremente

7.1. Verfütterung aerob-biologisch behandelter tierischer Exkremente an Wiederkäuer

VETTER (1972, 1973) berichtete über die Verfütterung von aerob behandelter Rindergülle aus dem Oxidationsgraben, hier PAWN (processed animal waste nutrient) genannt, an Rinder.
PAWN wurde mit der übrigen, vorwiegend aus Kraftfutter bestehenden Ration vermischt (40 : 60). Die Rinder nahmen im Durchschnitt 360 g Trockensubstanz pro Tag bei ad libitum-Fütterung auf. VETTER (1972, 1973) konnte fast die gleichen Zunahmen wie

mit der Kontrollration erreichen. Wegen der Verfügbarkeit von NPN-Verbindungen für Wiederkäuer sind die Ergebnisse jedoch nicht auf Omnivoren übertragbar.
Festteile aus einem Oxidationsgraben wurden von HEGG und ALLRED (1975) an Rinder verfüttert, sie hatten nur etwa 50 % des Futterwertes von Mais (auf Trockensubstanz-Basis). Wegen ihres geringen Energiegehaltes halten HEGG und ALLRED nur eine Verwendung in Erhaltungsrationen für möglich.

7.2. Verfütterung aerob-biologisch behandelter tierischer Exkremente an Nicht-Wiederkäuer

7.2.1. Verfütterung aerob-biologisch behandelter Schweinegülle an Schweine

In Versuchen von HARMON, B.G. et al. (1973) sowie DAY und HARMON (1972) wurde aus Schweinegülle bereitete ODML (Trockensubstanzgehalt etwa 3 %) zur Verfütterung an Schweine mit dem Futter vermischt. Das Grundfutter bestand aus einer Mais-Soja-Ration mit 12 % Protein. Der Kontrollgruppe wurde Wasser unter das Futter gemischt. Das Verhältnis Futter : Flüssigkeit war jeweils 1 : 2,2. Die Fütterung erfolgte 2 x täglich. Wasser war den Schweinen zusätzlich ad libitum verfügbar. Der untersuchte Mastabschnitt umfaßte 50 bis 76 kg Körpergewicht. Die ODML-Tiere wuchsen schneller (Tageszunahme 0,56 kg) als die anderen (Tageszunahme 0,52 kg). Die Futterverwertung von 1 : 3,76 bzw. 1 : 4,02 ist allerdings bei beiden Gruppen als unbefriedigend zu bezeichnen. Die verfütterte ODML hatte den Rohproteingehalt um absolut 2,5 % erhöht und den Lysingehalt um 0,1 % (Trockensubstanz-Basis).

Bei einem ähnlichen Versuch von HARMON, B.G. et al. (1973), bei dem die Schweine jedoch nur eine sehr proteinarme Maisration ernielten, gab es jedoch keine signifikanten Unterschiede im Zuwachs und in der Futterverwertung. Nach ihrer Interpretation reichte der ODML-Zusatz nun nicht mehr aus, um einen Mangel wichtiger Aminosäuren auszugleichen.

ODML aus Schweinegülle als einzige Flüssigkeitsquelle erhielten die Schweine in einem weiteren Versuch (HARMON, B.G. und DAY, 1974). Die Mais-Soja-Ration (12 % Protein) wurde in Fütterungsautomaten ad libitum verabreicht. Frische ODML wurde ständig in einen Trog gepumpt und stand so zur Verfügung. Die Kontrollgruppe erhielt entsprechend Wasser. Die Exkremente beider Gruppen gelangten in den Oxidationsgraben. Das Versuchsanfangsgewicht der Schweine betrug 40 kg.
Die ODML-Tiere nahmen mit 0,73 kg/Tag schneller zu als die Kontrolltiere mit 0,60 kg/Tag. Die Futterverwertung betrug 1 : 3,65 bzw. 1 : 3,29. Dieses war der erfolgreichste ODML-Versuch.

ORR et al. (1972) führten einen Versuch durch, bei dem zwei Schweinegruppen (ab 65 kg) eine Mais-Soja-Ration erhielten. Eine Ration (A) enthielt 13 % Protein, die andere 12,3 % (B). Der Ration (A) wurde Wasser 1 : 1 zugemischt, der anderen (B) im gleichen Verhältnis ODL (oxidation ditch liquor, entspricht ODML) mit 2,4 % Trockensubstanzgehalt und 0,59 % (N x 6,25) Rohproteingehalt. Wasser war ad libitum verfügbar. Das Versuchsanfangsgewicht betrug 65 kg. Die ODL-Gruppe konnte mit der anderen in Zuwachs und Futterverwertung nicht mithalten. Die tägliche Zunahme betrug bei (A) 0,73 kg, bei (B) 0,63 kg, die Futterverwertung bei (A) 1 : 4,35, bei (B) 1 : 4,67.

MILLER, E.R. et al. (1974) untersuchten Schweine-Mastsysteme mit kontinuierlichem Recycling von ODML, bei denen diese als alleinige Tränke eingesetzt wurde. Sie prüften den Einsatz von ODML in adaequaten, proteininadaequaten und mineralstoff- und vitamininadaequaten Rationen.
In allen Versuchen nahmen die Tiere, die ODML erhielten, weniger zu als Kontrollgruppen. Es ergab sich kein Hinweis, daß Nährstoffe aus der ODML inadaequate Rationen ergänzen könnten.

7.2.2. Verfütterung aerob-biologisch behandelter Geflügelexkremente an Geflügel

JOHNSON (1975) berichtete über einen begonnenen Versuch mit Legehennen, die aus ihren eigenen Exkrementen hergestellte ODML als Tränke erhielten. Ergebnisse liegen noch nicht vor.

7.2.3. Verfütterung aerob-biologisch behandelter Schweinegülle an Ratten

HARMON, B.G. et al. (1971) siebten aus ODML aus Schweinegülle die wertlosen größeren Teile heraus und stellten dann eine gefriergetrocknete, pulverisierte FDODML (freeze dried oxidation ditch-mixed liquor) her. Dieses Produkt wurde an Ratten zu 0, 4, 8 und 12 % der Ration verfüttert. Alle Rationen wurden im Lysingehalt gleichgehalten. Zunahme und Futterverwertung waren ähnlich bei den Gruppen, die 0 und 4 % FDODML erhielten. Die beiden anderen Versuchsgruppen wiesen schlechtere Zunahmen und Futterverwertung aus.

8. Versuchsziele eigener Untersuchungen

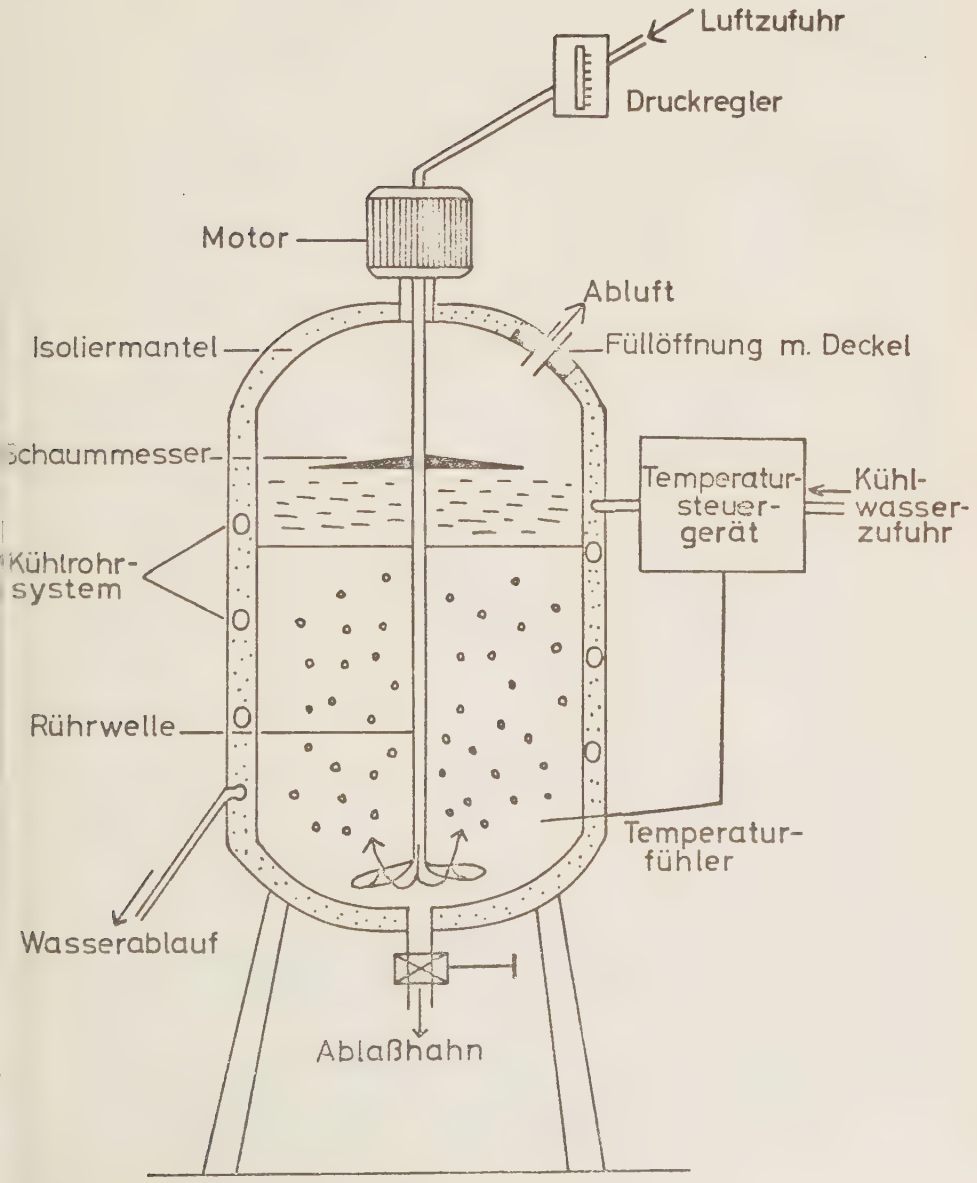
Es sollte geprüft werden, ob durch intensive Belüftung der Gülle von Mastschweinen in einem Reaktionsbehälter (vgl. 9.) eine Steigerung des Bakterienwachstums und somit eine Steigerung des für Schweine verwertbaren Reinproteins in der Gülle erfolgt und ob es durch Rückfütterung an Mastschweine gelingt, die über Kot und Harn ausgeschiedene Trockensubstanz zu einem wesentlichen Teil zu beseitigen oder sogar durch Retention im Tierkörper nutzbringend zu verwerten (vgl. 10., 11. und 12.).

9. Herstellung aerob-biologisch behandelter Schweinegülle

9.1. Reaktionsbehälter

Im Institut für landwirtschaftliche Verfahrenstechnik der Universität Kiel wurde ein Reaktor von etwa 320 l Fassungsvermögen mit Füllungsanzeige entwickelt und bereitgestellt. Unter ständigem Rühren erfolgte die Luftzufuhr durch die Rührwelle in einer Menge (20 l/min), wie sie nach Vorversuchen als optimal ermittelt wurde (JENSEN, 1974).
Im Isoliermantel war ein Kühlsystem verlegt, welches mittels thermostatgeregelter Wasserzufuhr dafür sorgte, daß die Temperatur des Inhaltes konstant bei 29°C blieb. Diese Reaktionsbedingungen sollten (nach Vorversuchen des Instituts für landwirtschaftliche Verfahrenstechnik) geringste Stickstoffverluste durch NH_3-Abgasung und höchstes Bakterienwachstum gewährleisten.
Die täglich gesammelten Exkremente konnten dem Reaktor durch eine Öffnung von oben zugeführt werden, durch einen Ablaßhahn an der tiefsten Stelle des Behälters wurde die behandelte Gülle entnommen.

Skizze des Reaktionsbehälters



9.2. Bereitung aerob-biologisch behandelter Schweinegülle

Unter ständigem Rühren und Belüften (vgl. 9.1., S.46) wurde täglich der während einer 8wöchigen Vorfütterungsperiode (16 bis 50 kg Körpergewicht der Schweine) anfallende Kot und Harn in den Reaktionsbehälter hineingegeben (Füllung bis ca. 240 l). Die Temperatur wurde konstant bei 29°C gehalten.

Eine gezielte Beimpfung der Gülle wurde nicht vorgenommen, so daß lediglich die zufällig in der Gülle enthaltenen Mikroorganismen aus dem Verdauungskanal der Schweine sowie, wegen unsteriler Sammlung der Exkremente, auch aus der Umwelt eine Einwirkung auf die Gülle im Reaktionsbehälter ausüben konnten.

Während des anschließenden 84tägigen Hauptversuches wurde die Behandlung der Gülle (Rühren, Belüften, Temperaturregulation) fortgesetzt. Die gesamten täglich anfallenden Exkremente der 6 Schweine der Versuchsgruppe (vgl. Tab.19,S. 85) wurden dem Reaktionsbehälter nach der morgendlichen Entnahme behandelter Gülle zugeführt. Eine zweite Entnahme erfolgte abends.

Von der täglich entnommenen Menge konnten im Mittel 64 % verfüttert werden, die restliche behandelte Gülle wurde verworfen.

Der Inhalt des Reaktionsgefäßes nahm geringgradig zu, weil die Zufuhrmenge an Gülle die Entnahmemenge behandelter Gülle übertraf (vgl.Tab.19,S.85).

9.3. Analysenverfahren zur Ermittlung der Inhaltsstoffe in Gülle, Kot und Harn

Bei Gülle und Kot wurden Gesamt-N-Gehalt und Rohasche aus der Feuchtsubstanz nach dem Weender Analysenverfahren bestimmt. Beim Kot erfolgte die Fettbestimmung nach Weibull-Stoldt (STOLDT, 1952) mittels HCl-Aufschluß und nachfolgender Ätherextraktion ebenfalls aus der Feuchtsubstanz.
Für weitere Bestimmungen wurden Gülle und Kot durch Gefriertrocknung vorgetrocknet und gemahlen (0,5 mm, Zentrifugalmühle) und anschließend auf die Inhaltsstoffe Rohfaser (nach dem Weender Verfahren) und Reineiweiß (Trichloressigsäurefällung

nach Greenwald (MALKOMESIUS, 1951))untersucht.
Bei der Gülle wurde die Fettbestimmung (nach Weibull-Stoldt) aus der vorgetrockneten Substanz vorgenommen.
Zur genauen Bestimmung des Trockensubstanzgehaltes wurden Teile der vorgetrockneten Gülle- bzw. Kotsubstanz im Trockenschrank (Kot, 103°C) oder Vakuumtrockenschrank (Gülle, 60°C) nachgetrocknet.
Trotz der schonenden Trocknung der Gülle im Vakuumtrockenschrank gingen etwa 3 % der Trockensubstanz, wahrscheinlich überwiegend N-Verbindungen, verloren, wie Trocknungsvergleiche mit und ohne Weinsäurezusatz ergaben. Dieser Verlust wurde bei den Angaben der Gülle-Inhaltsstoffe berücksichtigt.
Die Mineralstoffbestimmungen erfolgten aus der Rohasche (HCl-Lösung) mit Hilfe der Atomabsorptionsspektralphotometrie.

Harn wurde zur Bestimmung des Aschegehaltes bei 60°C im Trokkenschrank eingetrocknet und anschließend im Muffelofen verascht. Die Trockensubstanz des Harns konnte wegen der hohen Verluste während der Trocknung nicht direkt ermittelt werden, sie wurde daher annäherungsweise aus der Summe von Aschegehalt und Harnstoffgehalt (N-Gehalt x 2,14) berechnet. Es wurde zur Berechnung davon ausgegangen, daß der gesamte Harnstickstoff in Form von Harnstoff-Stickstoff vorliegt.

Die Mineralstoffbestimmungen erfolgten aus dem Frischharn mit Hilfe der Atomabsorptionsspektralphotometrie.

Die täglich gezogenen Gülle-, Kot- und Harnproben wurden zu im Mittel 8tägigen Sammelproben mengenäquivalent vereinigt und analysiert (vgl. 10.5., S. 56).

9.4. Zusammensetzung der aerob-biologisch behandelten Schweinegülle

Der mittlere Trockensubstanzgehalt der behandelten Gülle betrug 9,1 %. Die Dichte unverdünnte Frischgülle beträgt etwa 1,0 kg/l (TRAULSEN, 1972).

Tabelle 6: Rohnährstoff- und Mineralstoffgehalte der behandelten Gülle (Mittel aus 10 Proben während der 84-tägigen Hauptversuchszeit = Verfütterungszeit)*

	Angaben in % der Trockensubstanz	
	Mittel	Minimal-Maximalwerte
Gesamt-N	8,3	7,5 - 9,3
Reinprotein-N	1,56	1,41 - 1,72
Reinprotein (N x 6,25)	9,7	8,8 - 10,7
NPN	6,6	5,8 - 7,8
organ.Substanz	73,7	72,9 - 74,2
Rohfett	1,5	1,3 - 1,8
Rohfaser	20,7	19,0 - 23,6
"Restsubstanzen" = NPN - Verb. + NFE	41,4	38,5 - 44,5
Calcium	3,18	2,68 - 3,47
Phosphor	2,77	2,68 - 2,92
Magnesium	0,82	0,76 - 0,88
Natrium	1,70	1,34 - 2,01
Kalium	3,71	3,37 - 4,21

* Die Veränderungen der Werte während der Versuchszeit sind im Tabellenteil, Tab.18 angegeben.

Der Trockensubstanzgehalt stieg bei Beginn des Hauptversuches (Verfütterungszeit) von 7,0 auf 9,4 % und blieb dann während der weiteren Behandlungszeit etwa gleich.
Wie bei Frischgülle (vgl. 5.3.5., S.34) war eine Angabe der N-Verbindungen in der aerob behandelten Gülle als Rohprotein (N x 6,25) nicht möglich, weil ein großer Teil von ihnen (etwa 80 % NPN) als NPN-Verbindungen vorlag, deren Menge nicht mit dem Faktor 6,25 errechnet werden kann.

Obwohl der Anteil des NPN am Gesamt-N durch Ermittlung des Reineiweiß-N als Differenz ermittelt wurde, war eine Errechnung der Menge der NPN-Verbindungen nicht zu vertreten, weil die Anteile des Ammoniak (Faktor 1,29), des Harnstoffs (Faktor 2,14) und der ursprünglich aus dem Kot stammenden NPN-Verbindungen auch nicht annäherungsweise bekannt waren.

Die Fraktion der N-freien Extraktstoffe (NFE) konnte daher auch nicht errechnet werden.
Der Reineiweißgehalt wurde mit dem Faktor 6,25 aus dem Reineiweiß-N-Gehalt berechnet.
Nach Abzug der Rohasche-, Rohfaser-, Rohfett- und Reineiweißgehalte der Trockensubstanz von 100 verblieb dann eine Fraktion, die als "Restsubstanzen" die NFE und die NPN-Verbindungen umfaßte.
Der Gesamt-N-Gehalt in der Trockensubstanz der behandelten Gülle stieg im Verlaufe des 84tägigen Fütterungsversuches von 7,5 auf 9,3 % an. Die gleiche Tendenz zeigt der NPN-Gehalt (5,8 - 7,8 % in der Trockensubstanz), während demgegenüber der Reineiweiß-N-Gehalt geringgradig abnahm. Der Gehalt an "Restsubstanzen" hatte bei uneinheitlichen Gehalten in der Trockensubstanz einen leicht steigenden Trend.
Die Gehalte an organischer Substanz, Rohfett, Rohfaser und Rohasche waren während des Versuches praktisch gleich.

Bei den Mineralstoffen hatten Calcium und Kalium eine steigende und Natrium eine in ihren Gehalten abnehmende Tendenz in der Trockensubstanz der behandelten Gülle. Phosphor und Magnesium waren weitgehend unverändert.

9.5. Bilanz der Güllebehandlung im Reaktionsbehälter

Genaue Bestimmung und Analysen des Anfangs- und Endgehaltes des Gülle-Reaktionsbehälters und Analysen der mengenäquivalenten Proben von zugeführtem Harn und Kot und entnommener behandelter Gülle ermöglichten eine genaue Bilanz der Güllebehandlung (vgl. Tabellenteil, Tab.19).

Aus den Bilanzwerten konnten die in der nachfolgenden Tabelle angegebenen Reduktionen der Gesamtmengen der Inhaltsstoffe während des Hauptversuches ermittelt werden.

Tabelle 7: Reduktion der Inhaltsstoffe bei aerob-biologischer Behandlung von Schweinegülle (Versuchsdauer 84 Tage, vgl. 9.2., S.48, Berechnungen entsprechend Tabellenteil, Tab.19)

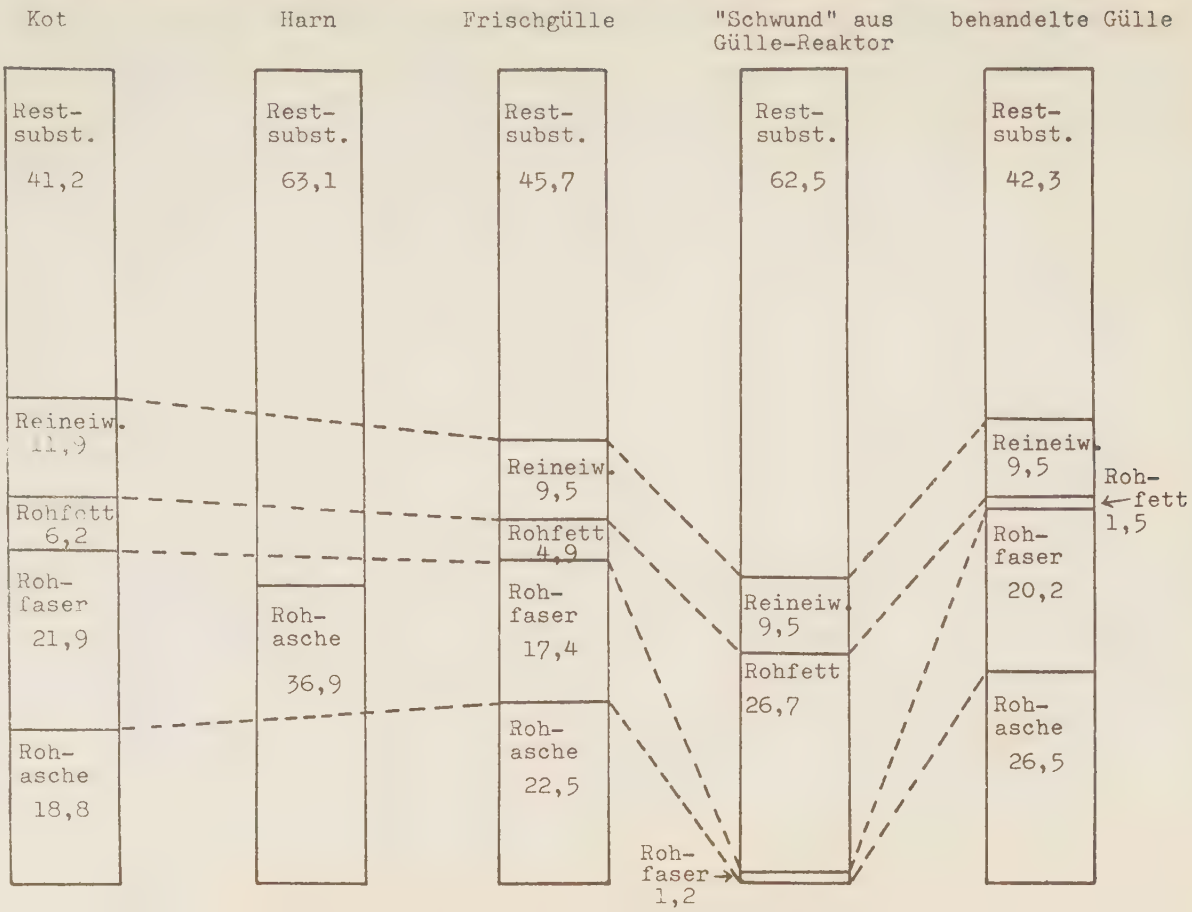
	Reduktion in %
Gesamtmenge	3
Inhaltsstoff	
Trockensubstanz	13
organ. Substanz	17
Gesamt-N	11
NPN	10
Rohfett	73
Rohfaser	1
Rohasche	0
"Restsubstanzen"	18

Die Verringerung der Güllegesamtmenge um 3 % ist vor allem auf Verdunstung aufgrund der Durchlüftung zurückzuführen.

Die Reduktion der Trockensubstanz um 13 % während der Behandlung der Gülle im Hauptversuch ist überwiegend durch eine Abnahme der Restsubstanzen um 18 % und des Rohfettgehaltes um 73 % bedingt (s. Schema 3, S.53). Abgenommen haben aber auch das Reinprotein und der NPN.
Auf die absolute Verringerung des Reinproteins um 12 % muß besonders hingewiesen werden. Dadurch kam es trotz Volumen- und Trockensubstanzverringerung zu keiner relativen Anreicherung in der behandelten Gülle, der Reinproteingehalt war hier mit 9,5 % genau gleich wie in der Frischgülle.

Eines der Hauptziele, die Produktion von hochwertigem Bakterienprotein, konnte also nicht erreicht werden.

Schema 3: Zusammensetzung der Trockensubstanz von Kot, Harn, Frischgülle, "Schwund" und behandelter Gülle während des 84tägigen Hauptversuches (Angaben in %)



10. Fütterungsversuch mit aerob-biologisch behandelter Schweinegülle bei Mastschweinen

10.1. Tiermaterial

Für den Versuch standen 16 Angler Sattelschweine, Börge, von vergleichbarer Abstammung zur Verfügung.

Eingewöhnungsperiode:	13 - 16 kg	Lebendgewicht	(2 Wochen)
Vorfütterungsperiode:	16 - 50 kg	"	(8 Wochen)
Hauptversuch :	50 - 110 kg	"	(12 Wochen)

Angler Sattelschweine sind sehr robust und überstehen erfahrungsgemäß lange Käfigaufenthalte ohne Beinschäden.

10.2. Haltung der Tiere

Der Versuch wurde einschließlich Eingewöhnungs- und Vorfütterungsperiode in teilklimatisierten Räumen des Tierstalls des Instituts für Tierernährungslehre durchgeführt, wobei darauf geachtet wurde, daß alle Tiere unter gleichen äußeren Bedingungen gehalten wurden. Die Tiere wurden während der gesamten Zeit in Bilanzkäfigen gehalten, die ein sauberes Auffangen von Harn und Kot erlaubten. Die Konstruktion der im Eigenbau erstellten Käfige erlaubte eine ständige Anpassung an die jeweilige Körpergröße der Tiere.

10.3. Futter und Fütterung

Die mittleren Rohnährstoffgehalte der Grundfuttermischung und der einzelnen Komponenten sind in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt. Die Analysen erfolgten nach dem Weender Verfahren.

Tabelle 8: Rohnährstoffgehalte der verwendeten Komponenten und des Grundfutters

	Trocken-substanz (%)	Rohasche	Rohfett	Rohfaser	Gesamt-N
		Angaben in % der Trockensubstanz			
Gerstenschr.	88,10	2,71	3,52	5,32	2,06
Sojaschr.,extr.	90,88	6,32	3,11	6,39	7,95
vitam.Mineralst.	98,24	90,24	-	-	-
Grundfutter*	88,96	6,36	3,32	5,36	3,19

* Das Grundfutter bestand aus

77 % Gerstenschrot
20 % Sojaschrot, extr.
3 % vitaminierter Mineralstoffmischung
100 %

Während der Eingewöhnungs- und Vorfütterungsperiode wurde ausschließlich das Grundfutter in feuchtkrümeligem Zustand aus Trögen verabreicht (0,5 kg bis 1,8 kg/Tier/Tag).

Im Hauptversuch wurde ebenfalls das Grundfutter verfüttert (1,9 kg bis 2,6 kg). Morgens und abends wurde allen Tieren eine genau gleiche Menge Grundfutter zugeteilt. Dieses Futter wurde bei allen Tieren der Versuchsgruppe (vgl. 10.4.) mit gleichen, genau bekannten Mengen behandelter Gülle zu einem Brei vermengt und so verabreicht. Auf diese Weise war es möglich, große Mengen behandelter Gülle zu verfüttern, Futterverluste auszuschließen und die Versuchsergebnisse einheitlich auszuwerten.

Der Kontrollgruppe wurde das Grundfutter mit Wasser vermischt vorgesetzt. Anschließend erhielten alle Tiere Wasser in den leergefressenen Trog. Die Menge wurde so bemessen, daß bis zur nächsten Fütterung der Trog leergetrunken war.

Insgesamt wurden während des Hauptversuches von jedem Schwein 194,3 kg Futter (= 170,8 kg Futtertrockensubstanz) gefressen. Die an die Versuchsgruppe täglich verfütterte Menge an behandel-

ter Gülle wurde von anfangs 1400 g sehr rasch gesteigert und betrug in den letzten Wochen 5000 g/Tier. Insgesamt wurden während des Hauptversuches 334,8 kg behandelte Gülle (= 30,5 kg Gülletrockensubstanz) pro Tier verfüttert.

Tabelle 9: Zusammensetzung der im Versuch verfütterten aerob behandelten Gülle

Trocken-substanz	organ. Subst.	GesamtN	ReineN	Reineiw. (Nx6,25)	NPN	Roh-fett	Roh-fas.	Roh-asche	"Rest-subst."
%	Angaben in % der Trockensubstanz								
9,1	72,5	8,6	1,60	10,0	7,0	1,6	20,5	27,5	40,4

10.4. Gruppeneinteilung

Aus den 16 Schweinen der Vorfütterungsperiode wurden 12 Tiere mit möglichst gleichem Gewicht bei weitgehend gleicher Futterverwertung ausgelesen und in zwei vergleichbare Gruppen à 6 Schweine aufgeteilt.
Im Hauptversuch erhielt eine Gruppe (= Kontrollgruppe) Grundfutter plus Wasser, die zweite Gruppe (= Versuchsgruppe oder Gülle-Gruppe) Grundfutter plus behandelte Gülle.

10.5. Versuchsdurchführung

Der 84tägige Hauptversuch wurde in 10 Abschnitte unterteilt, der 6. und der 9. Abschnitt waren Bilanzen (vgl. 11.2.).

Die Länge der Abschnitte betrug 7 bis 9 Tage, während der Bilanzen 12 Tage (39.-50.Tag) und 10 Tage (67.-76.Tag).

Die Proben der behandelten Gülle sowie von Harn und Kot der einzelnen Schweine wurden mengenäquivalent abschnittsweise zusammengefaßt. So konnten etwaige Verschiebungen der Rohnährstoff- und Mineralstoffgehalte während des Hauptversuches in der behandelten Gülle festgestellt werden.

Die Bilanzen zeichneten sich gegenüber den anderen Abschnitten dadurch aus, daß während der 12 bzw. 10 Tage und schon einige Tage vorher die täglichen Grundfuttermengen bei allen Tieren und der Zusatz behandelter Gülle bei der Versuchsgruppe konstant blieben. In den anderen Abschnitten wurden entsprechend dem steigenden Nährstoffbedarf die täglich verabreichten Mengen an Grundfutter und entsprechend an behandelter Gülle gesteigert.

11. Ergebnisse des Fütterungsversuches mit aerob-biologisch behandelter Schweinegülle bei Mastschweinen

11.1. Gewichtsentwicklung und Futterverwertung

Tabelle 10: Gewichtsentwicklung und Futterverwertung bei Mastschweinen bei zusätzlicher Verfütterung aerob-biologisch behandelter Schweinegülle

	Kontrollgruppe	Gülle-Gruppe
Tierzahl	6	6
mittleres Gewicht/Tier b.Versuchsbeg. (kg)	49,4 s = ± 1,2	49,8 s = ± 2,5
mittleres Gewicht/Tier nach 84 Tagen (kg)	109,1 s = ± 3,7	109,0 s = ± 6,6
Gewichtzunahme in 84 Tagen (kg)	59,7 s = ± 3,3	59,2 s = ± 5,2
tägl. Zunahme (kg)	0,71 s = ± 0,04	0,71 s = ± 0,06
Futteraufnahme in 84 Tagen (kg)	194,3	194,3
Gülle-Trockensubst.-aufn. in 84 Tg. (kg)	-	30,5
Futterverwertung	1 : 3,3	1 : 3,3 bzw. 1 : 3,9 bei Berücksichtigung der Gülle-Aufnahme (Gülletrockensubst. aus Futtertrockensubst. umgerechnet)

11.2. Bilanzen

Zur Ermittlung der Resorption und der Retention der Inhaltsstoffe der behandelten Gülle wurden während des Hauptversuchs zwei Bilanzperioden eingeschoben, die einen Vergleich zwischen der Kontrollgruppe und der Gülle-Gruppe ermöglichten (vgl. Tabellenteil, Tab.20-29).

Das wichtigste Ergebnis der Bilanzen ist, unter Vorbehalt von Analysenfehlern, daß die in Form von behandelter Gülle zusätzlich verfütterte Trockensubstanzmenge vollständig wieder ausgeschieden wird.
Auf eine zusätzliche N-Retention kann aus den Bilanzen nicht geschlossen werden.
Eine leichte zusätzliche Asche-Retention scheint den Bilanzergebnissen nach möglich zu sein. Das zeigen besonders die Werte der zweiten Bilanz (vgl. Tabellenteil, Tab.29).

Die Ganzkörperanalysen (s. 12.3., S. 62) geben die Möglichkeit, die Werte für den Körperansatz mit den durch die Bilanzen ermittelten Retentionswerten zu vergleichen.

12. Schlachtung und Aufbereitung der Schweine

12.1. Schlachtung

Am Versuchsende wurden alle Schweine auf dem Schlachthof in herkömmlicher Weise geschlachtet.
Das Blut wurde aufgefangen, die bei der Fleischbeschau zu konfiszierenden Teile, wie Nabelbeutel, Afterausschnitte, Ohrenausschnitte, Mandeln wurden sorgfältig gesammelt. Gleiches geschah mit den Eingeweiden und den Innereien. Borsten und Klauenhorn der Schweine konnten nicht erfaßt werden. Die Lebern wurden vom Geschlinge getrennt und gewogen. Der Magen-

Darm-Trakt wurde der Länge nach aufgeschnitten und der Inhalt entfernt.
Die Schlachtkörperhälften wurden frisch gewogen, dann bis zur weiteren Verarbeitung für einige Tage im Kühlhaus aufbewahrt, um etwaige unterschiedliche Kühlverluste zu erfassen. Danach wurden sie erneut gewogen und grob zerlegt und entschwartet. Das Fleisch wurde grob von den Knochen getrennt, gewogen, gewürfelt, durch einen Fleischwolf gegeben und im Rührgerät gut durchmischt, bevor eine größere Probe entnommen wurde.

Die Knochenteile mit Sehnen und Restfleisch, darunter auch der Kopf, die Schwarten, die gereinigten Innereien, das Geschlinge (ohne Leber) und die Schlachtabfälle wurden zusammen bei 2,5 atm 4 Stunden lang autoklaviert, dann nach dem Abkühlen insgesamt gewogen und danach im Cutter zerkleinert. Es entstand eine pastenartige Masse, von der eine Probe entnommen wurde.
Aus dieser, der Fleischprobe, der Leber und dem Blut wurde eine mengenäquivalente Ganzkörperprobe pro Tier zusammengestellt, die im Cutter zu einem homogenen Brei verarbeitet wurde, dessen Zusammensetzung der des Ganzkörpers entsprach.

12.2. Analysen der Proben

Zur Trockensubstanzbestimmung wurde jeweils ein Teil der Ganzkörper-Durchschnittsprobe in der Gefriertrocknung vorgetrocknet und dann fein zerkrümelt im Trockenschrank bei 103°C nachgetrocknet.
Die übrigen Analysen erfolgten aus der Feuchtsubstanz.
Rohasche und Rohprotein wurden nach dem Weender Verfahren bestimmt, während die Fettbestimmung nach Weibull-Stoldt (STOLDT, 1952) mittels HCl-Aufschluß und nachfolgender Ätherextraktion erfolgte.
Der Energiegehalt der Tierkörper wurde errechnet, indem pro kg angesetztes Rohprotein ein Brennwert von 5700 kcal und für jedes kg Rohfett ein Brennwert von 9500 kcal veranschlagt wurde (SCHIEMANN et al., 1971), entsprechend den 1958 in Kopenhagen herausgegebenen Empfehlungen des 1.Energiewechselsymposiums der EAAP (European Association Animal Production).

12.3. Ergebnisse

Tabelle 11: Mittlere Schlachtverluste sowie Schlachtkörper- und Lebergewichte*

			Kontrollgruppe	Versuchsgruppe
Schlachtverluste		(%)	22,2	26,5
Mehrinhalt des Magen-Darm-Traktes gegenüber der Kontrollgruppe		(kg)	-	4,2
Schlachtkörpergewichte	frisch	(kg)	84,8	80,1
	3 Tg gekühlt	(kg)	82,0 (=3,4% Kühlverl.)	77,3 (=3,5% Kühlverl.)
Lebergewichte		(kg)	1,33	1,67

* Einzelwerte und statistische Auswertung vgl. Tabellenteil, Tab.30

Die höheren Schlachtverluste bei den Versuchstieren, an die zusätzlich behandelte Gülle verfüttert wurde, waren vor allem durch die vermehrten Magen-Darm-Füllungen verursacht. Sie waren demnach auch Ursache für die geringeren mittleren Schlachtkörpergewichte bei gleichen Mastendgewichten der Gruppen (109,1 bzw. 109,0 kg).

Die Differenz zwischen den Darminhalten der beiden Gruppen konnte nicht direkt bestimmt werden, da zwischen der letzten Lebendwägung (am Schlachttag, ca. 8 Uhr, nüchtern) und der Wägung der frischen Schlachtkörper an der Schlachtstraße (ca. 14 Uhr) der Transport der Tiere, der Viehhofaufenthalt und der Schlachtvorgang mit Treiben, Fangen und Betäuben der Tiere lagen. Bei diesen Vorgängen setzten die Tiere erhebliche Mengen Kot ab, die nicht erfaßt werden konnten.

Wenn man jedoch von den Lebendgewichten die Schlachtkörpergewichte und die Gewichte der für die Ganzkörperanalyse erfaßten Teile (s. 12.1., S. 58 ; Blut, Geschlinge, Konfiskate und Innereien mit gefülltem Magen-Darm-Trakt) abzieht und die restli-

chen Verluste wie Borsten, Klauenhorn und Harn (Tiere waren nüchtern) und Verluste durch Atmung und Transpiration bei den Tieren als etwa gleich ansieht, ergibt sich eine Differenz von 2,3 kg zwischen den beiden Gruppen, die nur als erhöhter Darminhalt zu interpretieren ist. Eine Mehrausscheidung der Tiere der Gülle-Gruppe in dieser Höhe zwischen der Lebendwägung und der Schlachtung erscheint realistisch, denn die tägliche Kot-Mehrausscheidung gegenüber der Kontrollgruppe betrug unter ruhigen Haltungsbedingungen bereits etwa 1,5 kg/Tier (= 100 % der Kotausscheidung der Kontrollgruppe).
Bei der Reinigung der ausgeschlachteten Innereien konnte noch ein mittlerer Mehrinhalt des Magen-Darm-Traktes der Versuchstiere von 1,9 kg festgestellt werden (4,1 kg gegenüber 2,2 kg), so daß für die Gülle-Gruppe im Mittel 4,2 kg (2,3 kg plus 1,9 kg) mehr Darminhalt während der Lebendgewichtsbestimmung errechnet werden kann.
Wegen der sehr unterschiedlichen Darmfüllungen der Tiergruppen ist bei der Prüfung der Wirkung von behandelter Gülle ein Vergleich des Masterfolges allein auf Lebendgewichtsbasis (tägliche Zunahme, Futterverwertung) ungenau.
In den amerikanischen Arbeiten, die über erfolgreiche Verfütterung behandelter Gülle berichteten, ist jedoch ausschließlich die Lebendgewichtsbasis verwendet worden (DAY und HARMON, 1972; HARMON, B.G. et al., 1973; HARMON, B.G. und DAY, 1974).

Die Schlachtkörperqualität war bei beiden Gruppen gleich gut, auch das Wasserbindungsvermögen des Muskelfleisches ("Wässrigkeit") und die Kühlverluste zeigten keine Unterschiede zwischen den Gruppen.
Die besonders augenscheinlichen Unterschiede zwischen den mittleren Lebergewichten der Gruppen lassen vermuten, daß durch die Verfütterung behandelter Gülle eine höhere Stoffwechselbelastung eingetreten war.

Tabelle 12: Mittlere Ganzkörperzusammensetzung der Mastschweine der Kontroll- und Versuchs-(Gülle-) Gruppe*

	Kontrollgruppe		Versuchsgruppe	
	% der Trockensubstanz	kg/Tier	% der Trochensubstanz	kg/Tier
Trockensubst. (analysiert)	-	44,2	-	41,4
Rohprotein (N x 6,25)	33,7	14,9	36,2	15,0
Rohfett	60,2	26,6	56,8	23,5
Rohasche	6,8	3,0	8,0	3,3
Calcium	1,76	0,78	1,93	0,80
Phosphor	1,20	0,53	1,26	0,52
Magnesium	0,06	0,028	0,07	0,029
Natrium	0,22	0,10	0,24	0,10
Kalium	0,38	0,17	0,36	0,15
Bruttoenergie (kcal/Tier)**	-	337 000	-	309 000

* Einzelwerte und statistische Auswertung vgl. Tabellenteil, Tab.31

** Berechnet aus den Rohprotein- und Rohfettgehalten

Der Mehransatz an Asche von etwa 10 % bei der Versuchsgruppe ließ sich statistisch absichern, nicht jedoch der geringe Mehransatz an Rohprotein und der Minderansatz an Trockensubstanz, Fett und Bruttoenergie.
Der Aschemehransatz ließ sich mit den bei den Bilanzen festgestellten Asche-Retentionswerten bei der Gülle-Gruppe vereinbaren.
Wie schon bei der Erläuterung der Bilanzergebnisse vermutet wurde, fand ein Mehransatz von Rohprotein nicht statt.

Eine Tendenz zum Trockensubstanz-Minderansatz ist mehr durch erhöhte Stoffwechselverluste der Versuchstiere als durch eventuelle negative Trockensubstanz-Retentionswerte (s. 11.2., S. 58) zu erklären.
Die Tendenz zum Bruttoenergie-Minderansatz (etwa 8 %) in den Körpern der Versuchstiere rührt aus der gleichgerichteten Tendenz zum Fett-Minderansatz her.

13. Zusammenfassende Diskussion der bisher beschriebenen eigenen Versuche

Die Bereitung und davon abhängig die Zusammensetzung der im vorliegenden Versuch (9. - 12.) verwendeten behandelten Gülle wichen in verschiedenen Punkten von vergleichbaren in der Literatur beschriebenen Versuchen ab.

Während ORR et al. (1972) keine genauen Angaben über die Güllebereitung mitteilten, haben HARMON, B.G. und DAY (1974) ihr Güllebehandlungsverfahren exakt angegeben. Beim eigenen Versuch wurden die Exkremente der zusätzlich mit behandelter Gülle gefütterten Schweine sauber gewonnen und ohne weitere zufällige oder absichtliche Zusätze belüftet. Bei HARMON, B.G. und DAY (1974) waren dagegen Verunreinigungen der behandelten Gülle durch verstreutes Futter wegen der Haltung auf Vollspaltenboden nicht auszuschließen. Die schlechte Futterverwertung der Mastschweine (1 : 3,7 , Kontrollgruppe) beim Versuch von HARMON, B.G. und DAY (1974) bei guten Gewichtszunahmen (0,66 kg/Tag, Kontrollgruppe) kann als entsprechender Hinweis gelten. Außerdem wurde bei den Versuchen von HARMON, B.G. und DAY (1974) auch die Gülle der Schweine der Kontrollgruppe (ohne Zufütterung behandelter Gülle) der aerob-biologischen Behandlung unterworfen.
Für das angestrebte Bakterienwachstum standen in den eigenen Versuchen also ausschließlich die wenig verfügbaren Nährstoffe aus Kot und Harn, insbesondere wenig leicht verfügbare Ener-

gie, zur Verfügung, während bei den Versuchen von HARMON, B.G. und DAY (1974) demgegenüber sehr wahrscheinlich zusätzliche Nährstoffquellen für die Mikroorganismen zur Verfügung standen. Darüber hinaus war bei HARMON, B.G. und DAY (1974) der Trokkensubstanzgehalt während der Güllebehandlung (durch Wasserzugabe) mit 3 % um 2/3 geringer als in den eigenen Versuchen, bei denen der Trockensubstanzgehalt 9 % betrug.

Wieweit durch diese abweichenden Güllebehandlungsbedingungen der höhere pH-Wert (9,0 gegenüber 7,7 bei HARMON, B.G. und DAY, 1974) bedingt war und vor allem eine Steigerung des Reineiweißgehaltes durch Bakterienwachstum ausblieb (vgl. 9.5., S. 52), kann nicht exakt überprüft werden.
Wie oben beschrieben (s. 6.6., S. 42) konnte überschlagsweise für die Versuche von HARMON, B.G. und DAY (1974) eine Reineiweißsteigerung um 85 % und für die von ORR et al. (1972) eine um 56 % errechnet werden.
Während von ORR et al. (1972) trotz dieser errechenbaren Reineiweißsteigerung in der behandelten Gülle bei den zusätzlich mit dieser Gülle gefütterten Tieren eine niedrigere Gewichtszunahme (0,63 kg/Tier/Tag) als bei den Kontrolltieren (0,73 kg/Tier/Tag) festgestellt wurden, berichteten HARMON, B.G. und DAY (1974) von gesteigerten Gewichtszunahmen (Versuchsgruppe 0,73 kg/Tier/Tag) bei Gülle-Verfütterung (Kontrollgruppe 0,66 kg/Tier/Tag).
Daraus errechneten sich bei einer Versuchsdauer von 49 Tagen (ab 40 kg Lebendgewicht) Mastendgewichte von 75,8 kg (Versuchsgruppe) bzw. 72,3 kg (Kontrollgruppe), also ein Unterschied von 3,5 kg Lebendgewicht.
Durch diese Lebendgewichtsdifferenz wird der tatsächliche Masterfolg durch den Güllezusatz allerdings überbewertet, da vermutlich eine höhere Magen-Darm-Füllung der Tiere der Versuchsgruppe vorlag, die nicht berücksichtigt wurde. Beim eigenen Versuch (vgl. 12.3., S. 60) betrug der Mehrinhalt des Magen-Darm-Traktes 4,2 kg bei 109 kg Mastendgewicht.

Dennoch ist ein wohl durch die gegenüber dem eigenen Versuch andersartige Zusammensetzung der Gülle bedingter Masterfolg bei den Versuchen von HARMON, B.G. und DAY (1974) nicht auszuschließen.

Im eigenen Versuch war bei zusätzlicher mittlerer täglicher Verabreichung von 4,0 kg behandelter Gülle (= 355 g Trockensubstanz) während einer Versuchsdauer von 84 Tagen keine Differenz in den Gewichtzunahmen aufgetreten (Kontroll- wie Versuchsgruppe 0,71 kg/Tier/Tag).
Bei erhöhten Schlachtverlusten der Versuchsgruppe (26,5 gegenüber 22,2 %) ergaben sich dann aber geringere Schlachtkörpergewichte (80,1 kg gegenüber 84,8 kg).

Offenbar belastete die zusätzliche Verfütterung von behandelter Gülle den Stoffwechsel der Mastschweine verstärkt: Die Trockensubstanzausscheidung über den Harn war erhöht, die Lebergewichte der Versuchstiere waren höher, und es wurden mehr Mineralstoffe retiniert (vgl. 12,3., S. 62) bei einer Tendenz zu vermindertem Energieansatz.
Es ließ sich ermitteln, daß die zusätzlich verfütterte Gülle-Trockensubstanz vollständig (bei nicht ganz einheitlichen Bilanzen, vgl. 11.2., S. 58) mit dem Kot und Harn wieder ausgeschieden wurde.

Das Hauptziel der Gülle-Rückfütterung, nämlich die nutzbringende Beseitigung von Gülle-Trockensubstanz durch Retention im Körper von Mastschweinen konnte demnach nicht erreicht werden. Eine Reduktion der Gülle-Trockensubstanz (um 13 %) fand nur statt während der Behandlung (Umwälzbelüftung) durch Umwandlung organischer Substanz in H_2O, flüchtige Verbindungen, wahrscheinlich überwiegend CO_2 und NH_3, und Wärmeenergie. Um eine nennenswerte Reduktion der Gülle-Trockensubstanz auch durch Rückfütterung zu erreichen, scheint eine Steigerung des Gehaltes an für das Mastschwein verfügbaren Nährstoffen in der behandelten Gülle unumgänglich. Diese Steigerung ist nur durch ein verstärktes Bakterienwachstum mit erhöhter Reineiweißproduktion zu erwarten.

Es sollte daher in Zusatzversuchen geprüft werden, unter welchen aeroben Reaktionsbedingungen in der Gülle höhere Reineiweißgehalte erzielt werden können.

14. Versuchsziele der Zusatzversuche

Zunächst sollte untersucht werden, ob eine Änderung der Faktoren Temperatur, Trockensubstanzgehalt und pH-Wert allein oder kombiniert das Bakterienwachstum und damit die Reineiweißvermehrung begünstigt.

Zusätzlich sollte durch Stärkezugabe eine Verunreinigung der Gülle durch verstreutes Futter simuliert und die Auswirkungen auf das Bakterienwachstum festgestellt werden.

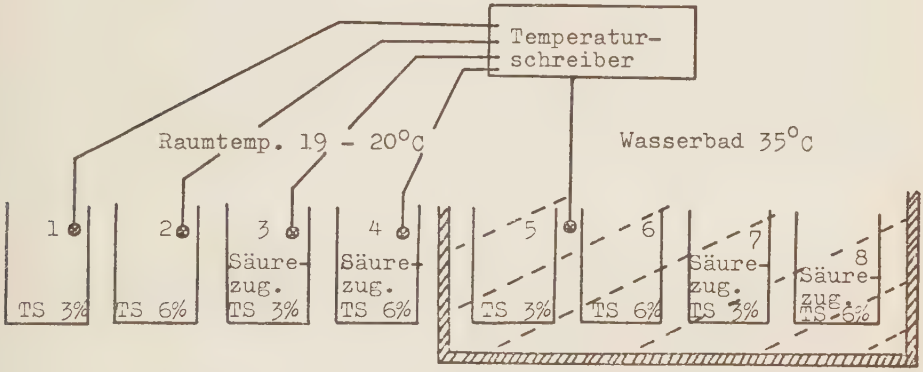
15. Variierte Herstellung aerob behandelter Schweinegülle ohne Stärkezusatz

15.1. Aufbau und Durchführung der Versuche

Acht 30 l Plexiglasgefäße wurden mit Rührwerken und Durchlüftung versehen.
Alle Gefäße wurden zu Beginn des Versuches gleichzeitig mit Harn und Kot von Minischweinen auf 15 l gefüllt, die benötigten Exkremente waren vorher gesammelt und eingefroren worden, bis eine genügende Menge zur Verfügung stand. 10 % des Inhaltes der Gefäße wurden täglich morgens verworfen und durch entsprechende Mengen frischer Exkremente ersetzt. Die täglich frisch gesammelten Exkremente aller Tiere wurden, Harn und Kot getrennt, intensiv vermischt. Aus diesen Mischungen wurden die Gefäße beschickt, so wurden allen Gefäßen Exkremente gleicher Beschaffenheit zugeführt. Das Harn-Kot-Verhältnis wurde dabei, wie schon bei der Erstfüllung der Gefäße, bei allen Zugaben gleichgehalten. Die Füllung der Gefäße wurde auf genau 15 l gehalten, Wasserverluste durch Verdunstung wurden durch Wasserzusatz ausgeglichen.
Die bei der Füllung der Gefäße eingestellten Trockensubstanzgehalte von 3 % und 6 % wurden bei der täglichen Zugabe frischer Exkremente nach entsprechender Analyse durch Zugabe von Wasser eingehalten.

Vier Gefäße wurden in ihrer Temperatur sich selbst überlassen und stellten sich dann auf die Raumtemperatur von 19 bis 20°C ein, vier Gefäße wurden im Wasserbad auf 35°C eingestellt.

Schema 4: Versuchsaufbau



Trockensubstanz (TS) - Inhalt (g):

450	900	450	900	450	900	450	900

täglich ausgewechselte Menge (g):

45	90	45	90	45	90	45	90

Der pH-Wert in vier Gefäßen wurde sich selbst überlassen, er schwankte dann bei den Gefäßen mit 3 % Trockensubstanz zwischen 8,5 und 8,8 sowie bei den Gefäßen mit 6 % Trockensubstanz zwischen 8,6 und 9,0. In den vier anderen Gefäßen wurde der pH-Wert durch einmalige tägliche Zugabe (abends) von 10 %iger Schwefelsäure gesenkt. Die durch die Schwefelsäurezugabe in die betreffenden Gefäße zusätzlich eingebrachte Trockensubstanz (Sulfatbildung!) wurde errechnet und berücksichtigt. Der Versuch hatte eine Dauer von 40 Tagen. Die Entnahme der behandelten Gülle zur Analyse erfolgte in 5tägigen Abständen. Bei der Bestimmung der Trockensubstanz der behandelten Gülle wurde in diesem Versuch ein Verlust bei der

Trocknung vernachlässigt. Überschlagsrechnungen unter Zuhilfenahme der aus der Feuchtmasse analysierten Asche- und Gesamt-Stickstoff-Gehalte wiesen aus, daß dabei durch N-Verluste auftretende Fehler zu vernachlässigen waren, da sie bei allen Gefäßen gleichgehalten waren und an den Aussagen der Ergebnisse nichts änderten.
Zur Feststellung der Umsetzungen von Trockensubstanz und Stickstoff wurden deren Gehalte zu Versuchsbeginn und in Abständen von 5 Tagen ermittelt. Die Differenzen dieser Ergebnisse im Vergleich zu den "Sollwerten", die aufgrund der analytisch festgestellten Zugabemengen bekannt waren, gaben die Höhe der Trockensubstanz- und Stickstoffverluste (-umsätze) an.

15.2. Ergebnisse der aeroben Behandlung von Schweinegülle ohne Stärkezusatz

Durch die Zugabe von frischen Exkrementen und Säure kam es im Tagesrhythmus zu Schwankungen der pH-Werte.

Tabelle 13: pH-Wert-Schwankungen im Verlaufe eines Tages

	Trocken-substanz (%)	Gefäß-Nr. (wie in Schema 4)	morgens	Messung unmittelbar nach Zugabe von Frischgülle (morgens)	abends	Messung unmittelbar n. Zugabe von Säure* (abends)	morgens
Temperatur 19-20°C	3	1	8,9	8,8	8,8	-	8,9
	6	2	9,0	8,9	8,9	-	9,0
	3	3	7,3	7,8	7.8	6,7	7,1
	6	4	7,4	7,8	7,9	6,5	7,3
Temperatur 35°C	3	5	8,8	8,7	8,7	-	8,8
	6	6	8,7	8,6	8,7	-	8,7
	3	7	7,2	7,5	7,7	6,9	7,4
	6	8	7,4	7,8	7,9	6,9	7,4

* Die zur pH-Wert-Senkung verbrauchte Menge an Schwefelsäure wurde registriert.

In den Reaktionsgefäßen, die bei 35°C betrieben wurden, kam es ohne Ansäuerung zu Stickstoffverlusten von 21 bis 24 %, bei Raumtemperatur betrugen sie nur 9 bis 11 %. Durch die Schwefelsäure-Zugabe wurden die Stickstoffverluste auf 5 bis 6 % bei 35°C bzw. auf 2 bis 4 % bei Raumtemperatur gesenkt.

Bei den mit Säure versetzten Gefäßen kam es zu einer Trockensubstanzvermehrung von 6 bis 9 %. Über einen gleichen Effekt berichtete NEBIKER (1974).
Unabhängig vom Trockensubstanzgehalt und von der Säurezugabe wurde die Gülletrockensubstanz um 3 bis 6 % vermindert (umgesetzt). Bei Raumtemperatur hatten die Gefäße mit 6 % Trockensubstanz, bei 35°C diejenigen mit 3 % Trockensubstanz einen höheren Trockensubstanzumsatz (6 %).

Tabelle 14: Mittlere Reineiweißgehalte in der Trockensubstanz der Frischgülle und in der Trockensubstanz der verschiedenartig behandelten Gülle

	Säurezugabe	Trockensubstanz (%)	Gefäß-Nr. (wie in Schema 4)	Reineiweißgehalt (N x 6,25) in % der Trockensubstanz	
				Frischgülle	behandelte Gülle*
Temperatur 19–20°C		3	1	8,6 (8,3 bis 9,2)	8,8
		6	2	"	8,1
		3	3	"	8,9
		6	4	"	8,5
Temperatur 35°C		3	5	"	8,3
		6	6	"	7,4
		3	7	"	8,7
		6	8	"	8,2

* abzüglich der Trockensubstanzveränderung durch den Säurezusatz und bei Berücksichtigung des durch bakterielle Umsetzungen bedingten Trockensubstanzabbaus

Die ermittelten Werte lassen keine eindeutige Aussage über eine Steigerung des absoluten Reineiweißgehaltes durch die verschiedenartigen Behandlungsmethoden gegenüber der Frischgülle zu.

16. Variierte Herstellung aerob behandelter Schweinegülle mit Stärkezusatz

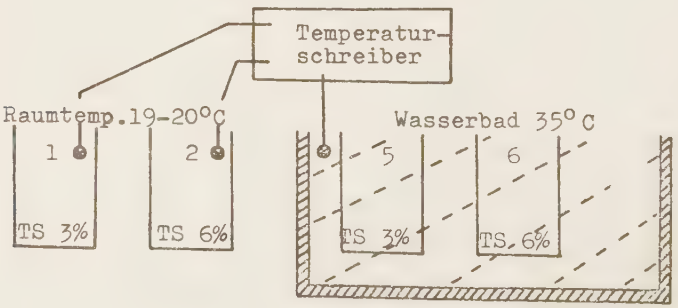
Gemäß den unter 14. angegebenen Versuchszielen wurden Kohlenhydrate in dem Umfang der Gülle zugegeben, wie unter Praxisbedingungen verstreutes Futter in die Gülle geraten kann (ERNST, 1975; HENNIG et al., 1972/73; TIETJEN und VETTER, 1972; vgl. 5.3.5., S. 33).

16.1. Aufbau und Durchführung der Versuche

Bei diesem Versuch handelte es sich, was den Versuchsaufbau betraf, um eine genaue Fortführung des vorherigen, jedoch ohne die Variation mit der Säurezugabe.

Der Versuch wurde also mit 4 Gefäßen à 15 l Inhalt durchgeführt, entsprechend folgendem Schema:

Schema 5: Versuchsaufbau



Zusätzlich zur morgendlichen Zugabe der frischen Exkremente wurden den Gefäßen mit 3 % Trockensubstanz 11,25 g und den Gefäßen mit 6 % Trockensubstanz 22,50 g Stärke zugegeben. Diese Zugabemengen wurden aufgrund folgender Überlegungen gewählt: Mit Futterverstreu von 5 % muß bei der Schweinefütterung gerechnet werden (WENNIG et al., 1972/73). Bei Automatenfütterung über Vollspaltenboden muß mit noch höheren Futterverlusten gerechnet werden (ERNST, 1975).

Für unseren Versuch gingen wir von einem möglichen Futterverstreu von 10 % aus.

Schweinefutter besteht zu etwa 50 % aus leicht löslichen Kohlenhydraten. Die Trockensubstanzmengen der täglichen Frischgüllezugaben zu den Reaktionsgefäßen (45 g bei 3 % und 90 g Trockensubstanz) entsprachen bei 80 % Verdaubarkeit des Futters etwa den Futtermengen von 225 g bzw. 450 g. 10 % dieser Mengen wären 22,5 g bzw. 45,0 g und der 50 %ige Anteil leicht löslicher Kohlenhydrate entspräche dann 11,25 g bzw. 22,5 g Stärke. Auch wenn die Annahme eines 10 %igen Futterverstreus sehr hoch ist, so enthalten doch die anderen Nährstoffe (außer den leicht löslichen Kohlenhydraten) weitere Energie, auch gelangt mit dem üblichen Schweinefutter Roh- und Reinprotein in die Gülle.

Der Versuch hatte eine Dauer von 14 Tagen.

16.2. Ergebnisse der aeroben Behandlung von Schweinegülle mit Stärkezusatz

Nach Beginn der Stärkezugabe sanken die pH-Werte in den Reaktionsgefäßen langsam ab und hatten sich nach etwa 7 Tagen auf niedere Werte eingestellt. Es wurden daher erst 9 Tage nach Versuchsbeginn die ersten und 5 Tage danach die zweiten Proben entnommen.

Tabelle 15: Absinken der pH-Werte in den Reaktionsgefäßen nach täglicher Stärkezugabe

	Trockensubstanz (%)	pH-Wert vor der Stärkezugabe	pH-Wert vom 7. Tag nach Stärkezugabe an
Temperatur 19-20°C	3	8,8 - 8,9	8,1 - 8,3
	6	8,9 - 9,0	8,0 - 8,3
Temperatur 35°C	3	8,6 - 8,8	7,9 - 8,3
	6	8,5 - 8,7	7,6 - 7,9

Tabelle 16: Reineiweißgehalte in der Frischgülle und in behandelter Gülle vor und nach täglicher Stärkezugabe

	Trockensubstanz (%)	Reineiweißgehalt in % der Trockensubstanz			Steigerung um (%)	
		a Frischgülle	b behandelte Gülle vor Stärkezugabe	c Gülle 9 bzw. 14 Tg nach der 1. Stärkezug.	c gegenüber b	c gegenüber a
Temperatur 19-20°C	3	8,6	9,0	12,8	42	49
	6	8,6	8,6	11,6	36	36
Temperatur 35°C	3	8,6	8,8	13,2	51	54
	6	8,6	7,5	12,7	69	48

Gegenüber der Frischgülle wurde die stärkste Steigerung des Reineiweißgehaltes durch Stärkezugabe in der behandelten Gülle bei 3 % Trockensubstanz erzielt (49 bzw. 54 % Steigerung).

16.3. Das Verhältnis von Stärkezusatz zur Reineiweißausbeute

Zur Angabe der absoluten Reineiweißsteigerung der behandelten Gülle in Relation zur Stärkezugabe ist in folgender Tabelle der absolute Reineiweißgehalt der behandelten Gülle vor und nach der Stärkezugabe aufgezeichnet.

Tabelle 17: Anstieg des mittleren absoluten Reineiweißgehaltes der behandelten Gülle in Relation zum täglichen Stärkezusatz

		a	b	c	d	e
	Trock. subst.	Reine.geh. d.beh.Gülle vor Stärke-zugabe	Reine.geh. d.beh.Gülle nach der Stärkezug. (Proben v. 9.u.14.Tag)	Zunahme d.Reine. gehaltes (b-a)	tägl. Stärke-zusatz	tägl.Reine.-mehrertrag/ pro g tägl. Stärkezugabe $\frac{c}{10 \times d}$
	%	g/10 l	g/10 l	g/10 l	g/10 l	g
Temperatur 19-20°C	3	31,1	45,7	14,6	7,5	0,20
	6	55,6	77,7	22,1	15,0	0,15
Temperatur 35°C	3	28,9	44,9	16,0	7,5	0,21
	6	49,3	76,5	27,2	15,0	0,18

Wie oben angegeben, wurden täglich 10 % der Gefäßinhalte entnommen und durch frische Gülle ersetzt. Dadurch wurde Reineiweiß den Systemen entnommen, das für die Verfütterung verwendet werden könnte.
Durch die tägliche Zugabe von Stärke erhöhte sich die Reineiweißmenge. 1 g Stärkezusatz pro Tag brachte 0,15 g bis 0,21 g Reineiweiß zusätzlich pro Tag (s. e in Tabelle 17).

Auffallend ist, daß das ermittelte Verhältnis Stärkezusatz : Eiweißausbeute in der gleichen Größenordnung liegt wie die für den Pansen bestimmte Umwandlungsrate Organische Substanz : Bakterienprotein wie 100 g : 20 g (13 g - 30 g) (HAGEMEISTER und PFEFFER, 1973; KAUFMANN und HAGEMEISTER, 1975).

17. Diskussion der Zusatzversuche

Eine entscheidende Vermehrung von Bakterienmasse, erfaßbar als Reineiweißgehaltssteigerung, in aerob-biologisch behandelter Schweinegülle aus sauber gewonnenen Exkrementen ist durch alleinige Änderung der Bedingungen Temperatur, Trockensubstanzgehalt und pH-Wert nicht möglich.

Begrenzend für das Wachstum der Mikroorganismen in der behandelten Gülle scheint eigenen Ergebnissen nach das Angebot an verfügbarer Energie zu sein.
Dieses entspricht genau der von MILLER (1975) geäußerten Ansicht und den von NEBIKER (1974) veröffentlichten Ergebnissen.

Ist verfügbare Energie im ausreichenden Maß vorhanden, so kommt es zu einer Produktion von Einzellereiweiß unter Verwendung der in der Gülle vorhandenen NPN-Verbindungen, dieses ähnelt dem Problem der Futterharnstoffverwertung im Pansen der Wiederkäuer (TELLER et al., 1975)

Ein Zusatz von Stärke zur behandelten Gülle, etwa in der Menge des möglichen Futterverstreus bei Automatenfütterung über Voll-

spaltenboden bewirkte bei unserem Versuchsansatz eine Reineiweißsteigerung bis zu 54 % gegenüber der Frischgülle. Diese liegt in der Größenordnung der überschlagsweise berechneten Steigerung bei ORR (1971) von 56 % (vgl. 13., S. 63) aber nicht so hoch wie die bei HARMON, B.G. und DAY (1974) von 85 %. Dabei muß bei HARMON, B.G. und DAY (1974) berücksichtigt werden, daß ihre Angaben vermutlich als überhöht anzusehen sind (vgl. 5.3.3., S. 30). Die bei ihnen verfütterte Oxidations-Gülle entsprach in ihrer Zusammensetzung nicht der des Gesamtinhaltes des Oxidationsgrabens, in dem sich größere Sedimentmassen ablagerten, die wenig Eiweiß enthielten (HARMON, B.G. et al., 1969, 1972 b). So entspricht die für die verfütterte Gülle ermittelte relative Eiweißsteigerung gegenüber Frischgülle (Bezugsbasis : Trockensubstanzgehalt) nicht der im Gesamtsystem erreichten Steigerung. Die wahre Steigerung des Reineiweißgehaltes lag demnach wahrscheinlich näher an dem von uns ermittelten Bereich.

Es muß also vermutet werden, daß die unter bestimmten Bedingungen auftretenden Verunreinigungen der Gülle durch Futterverstreu maßgeblich an einer Reineiweißsteigerung bei der Güllebehandlung bei ORR (1971) und HARMON, B.G. und DAY (1974) beteiligt waren.

18. Gesamtdiskussion

Mastversuche von ORR et al. (1972) und MILLER, E.R. et al. (1974) mit Schweinen ergaben Minderzunahmen bei den Tieren, die zusätzlich aerob-biologisch behandelte Schweinegülle aufgenommen hatten (ORR et al., 1972 : 0,63 kg/Tier/Tag gegenüber 0,73 kg/Tier/Tag).
Entsprechende eigene Versuche zeigten gleiche mittlere Gewichtzunahmen bei Schweinen der Versuchs- und Kontrollgruppe (0,71 kg/Tier/Tag). Wegen des erhöhten mittleren Schlachtverlustes (26,5 % gegenüber 22,2 %) bei der mit aerob behandelter Gülle

gefütterten Versuchsgruppe, der vor allem von der größeren Magen-Darm-Trakt-Füllung herrührte, ergab sich jedoch trotz Aschemehransatz ein geringeres mittleres Schlachtkörpergewicht. Trockensubstanz- und Bruttoenergieansatz waren bei der Versuchsgruppe in der Tendenz niedriger als bei der Kontrollgruppe. Die Versuche von HARMON, B.G. und DAY (1974) ergaben für Mastschweine mit Zusatz von behandelter Gülle zum Futter größere tägliche Gewichtzunahmen (0,73 kg/Tier/Tag gegenüber 0,66 kg/Tier/Tag) und höhere Mastendgewichte. Die Beurteilung der Güllewirkung auf den Masterfolg blieb jedoch auf dieses Kriterium (Lebendgewicht) beschränkt. Wie die eigenen Ergebnisse zeigen, sind aber auch die Schlachtverluste etc. bei der Bewertung von aerob behandelter Gülle als Futtermittel in der Schweinemast unbedingt zu berücksichtigen. Trotzdem ist bei HARMON, B.G. und DAY (1974) eine positive Wirkung der zugefütterten behandelten Gülle durchaus möglich. In der von ihnen verwendeten Gülle war es nämlich durch die aerobe Behandlung im Gegensatz zum eigenen Versuch zu einem Anstieg des Reineiweißgehaltes um etwa 86 % gekommen (vgl. 6.6., S.42), was etwa einer absoluten Steigerung des Reineiweißgehaltes von 10 % auf 19 % der Gülletrockensubstanz entspricht. Vermutlich ist diese Differenz bedingt durch einen größeren in die Gülle gelangten Futterverstreu, der sich aus der Aufstallungsart (Automatenfütterung über Vollspaltenboden) und aus der bei HARMON, B.G. und DAY (1974) schlechten Futterverwertung (1 : 3,7 ; Kontrollgruppe) ableiten läßt.
Eigene Versuche zur Unterstützung dieser Vermutung ergaben, daß der Reineiweißgehalt in aerob behandelter Gülle ansteigt, wenn den Exkrementen zusätzlich leicht lösliche Kohlenhydrate (Stärke) beigegeben werden. Diese Simulation des Futterverstreus ergab erhöhtes Bakterienwachstum (Reineiweißvermehrung) aufgrund vermehrt zur Verfügung stehender Energiequellen.

Ein Hinweis dafür scheint auch zu sein, daß die Ergebnisse von HARMON, B.G. und DAY (1974) in von der Universität Illinois betreuten Feldversuchen auf Schweinefarmen in Illinois und Kansas unter anderen baulichen Bedingungen nicht reproduziert werden konnten (BRINKER et al., 1975 b; SMART et al., 1974). Für das Ziel, Gülleinhaltsstoffe durch Wiederverfütterung

nutzbringend durch Retention im Tierkörper zu beseitigen, scheint also eine erhebliche Steigerung des Reineiweißgehaltes erforderlich zu sein.
Würden alle NPN-Verbindungen der Frischgülle in Reineiweiß umgesetzt werden, so entspräche das einem Anstieg des Reineiweißgehaltes um etwa 350 %. Der Reineiweißgehalt würde dann von etwa 10 % auf etwa 50 % der Gülletrockensubstanz ansteigen.

Ein Reineiweißanstieg um etwa 56 % auf etwa 16 % der Gülletrockensubstanz reicht offenbar noch nicht aus, um einen Erfolg bei der Rückfütterung zu erreichen (ORR et al., 1972). Vermutlich stand dem der Gehalt an restlichen, stoffwechselbelastenden NPN-Verbindungen entgegen, die nicht zu Bakterieneiweiß umgesetzt und nicht abgegast worden waren.

In eigenen Versuchen wurde keine Steigerung des Reineiweißgehaltes in der Trockensubstanz durch aerobe Behandlung gegenüber der Frischgülle erzielt (bei 13 % Verlust der Gülletrokkensubstanz durch Umsetzung und Abgasung während der Behandlung). Dementsprechend erfolgte auch bei der Rückfütterung keine merkliche Retention der Inhaltsstoffe der behandelten Gülle im Tierkörper (keine Beseitigung der Gülletrockensubstanz), sondern es wurde im Gegenteil der Stoffwechsel durch zusätzliche Verfütterung behandelter Gülle vermehrt belastet, wie sich aus den verringerten Schlachtkörpergewichten und erhöhten Lebergewichten der "Güllegruppe" ableiten läßt.

Um negative Effekte behandelter Gülle auf die Gewichtzunahmen von Mastschweinen durch Stoffwechselbelastung auszuschalten und gleichzeitig den Futterwert zu steigern (durch Bakterienproteinsynthese) ist offenbar in kontinuierlich betriebenen Systemen ein fortlaufender Zusatz von für Bakterien leicht verfügbarer Energie erforderlich. Bei der aerob-biologischen Güllebehandlung erfolgt nämlich, anders als bei anderen Verfahren (vgl. 5.2.4., S. 27 und 5.3.1., S. 28), kein Aufschluß der Rohfaserfraktion (z.B. Cellulose → Glucose) zu zusätzlicher, für die Bakterienproteinsynthese verfügbarer Energie. Wird zu einem kontinuierlich betriebenen, offenen [illegible] Energie zugesetzt, so wird diese für die Reaktionen der Bakterienproteinsynthese verbraucht, es kommt also zu Energieverlusten, gleich-

zeitig steigt der Reineiweißgehalt jedoch an. Da aber nur ein Teil der behandelten Gülle (in unserem Versuch 10 %) jeweils gegen Frischgülle ausgetauscht wird und zur Verfütterung bereit steht, kann der Mehrgehalt an Reineiweiß im System immer nur teilweise genutzt werden. Im eigenen Versuch wurden 1 g Reineiweißmehrertrag mit Zugabe von 5 g Stärke zum System erzielt (in mit absetzigem Verfahren betriebenen Systemen ist eine höhere Eiweißausbeute denkbar).

Solange keine volkswirtschaftliche Notwendigkeit für eine derart energetisch verlustreiche Futtereiweißproduktion gegeben ist und keine sehr billigen Kohlenhydratquellen zur Verfügung stehen, ist es wirtschaftlicher, die Energie (z.B. in Form von Stärke) direkt an die Schweine zu verfüttern, also z.B. auch den Futterverstreu, wie er bei HARMON, B.G. und DAY (1974) vorgelegen haben muß, zu verringern.

Durch reichlichen Energiezusatz während der aeroben Behandlung von Gülle ist außer einer Reineiweißbildung keine weitere wesentliche Mobilisierung umsetzungsträger Güllefraktionen zu erwarten, so daß auch bei nachfolgender Verfütterung kaum mit bedeutsamer nutzbringender Beseitigung der Gülletrockensubstanz gerechnet werden kann. Nicht einmal die Mineralstoffe der Gülle können nach eigenen Versuchen in größerem Umfang durch Retention im Tierkörper verringert werden, auch nicht, wenn der Gülleeinsatz in mineralstoff-inadaequaten Rationen erfolgt (MILLER, E.R. et al., 1974).
Aus den in der vorliegenden Arbeit mitgeteilten Ergebnissen kann abgeleitet werden, daß durch Bereitung und Verfütterung aerob-biologisch behandelter Gülle kein wesentlicher Beitrag zur umweltfreundlichen Beseitigung von Gülleinhaltsstoffen geleistet werden kann.

19. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden die Umsetzung der Inhaltsstoffe von Schweinegülle durch aerob-biologische Behandlung und die Verwertung der behandelten Gülle bei Rückfütterung an Mastschweine untersucht. Die kontinuierliche Bearbeitung im Umwälzbelüfter verringerte die Trockensubstanz der Gülle um 13 %, dabei blieb neben der Rohasche- auch die Rohfaser-Fraktion von Umsetzungsprozessen nahezu unberührt. Trotz mikrobieller Tätigkeit kam es in der behandelten Gülle nicht zu einer Steigerung des Reineiweißgehaltes.
In einem Mastversuch (50 kg bis 110 kg Lebendgewicht) erhielt eine Versuchsgruppe (n = 6) an 84 Tagen durchschnittlich 4,0 kg/Tier/Tag behandelte Gülle zusätzlich zum Grundfutter. Eine Kontrollgruppe (n = 6) erhielt nur das Grundfutter.

Obwohl die Versuchstiere insgesamt 30,5 kg/Tier Gülletrockensubstanz zusätzlich aufnahmen (8,4 kg Rohasche; 6,3 kg Rohfaser; 0,5 kg Rohfett; 2,1 kg Gesamt-Stickstoff; 3,1 kg Reineiweiß und 12,2 kg "Restsubstanzen" (NPN-Verbindungen plus N-freie Extraktstoffe)), waren trotz Aschemehransatz in den Tierkörpern die Schlachtkörpergewichte deutlich niedriger und der durch Ganzkörperanalyse ermittelte Bruttoenergieansatz in der Tendenz geringer als bei den Kontrolltieren. Dieser negative Effekt auf die Mastleistung ist wahrscheinlich auf eine erhöhte Stoffwechselbelastung der Versuchstiere besonders durch die NPN-Verbindungen der verfütterten Gülle zurückzuführen. Hinweise dafür waren die erhöhten Lebergewichte und die stark vermehrte N-Ausscheidung über den Harn bei den Versuchstieren. Die Menge der bei der Versuchsgruppe anfallenden Gülletrockensubstanz wurde durch die Rückfütterung nicht merkbar reduziert.

In Zusatzversuchen gelang es nicht, durch Variation der Faktoren Trockensubstanzgehalt, Temperatur und pH-Wert für Bakterienwachstum günstigere Bedingungen zu finden und so den Reineiweißgehalt aerob-biologisch behandelter Gülle wesentlich zu erhöhen und die Futterqualität zu verbessern. Es wurde angenommen, daß ein Mangel an für Bakterien verfügbarer Energie in der bei unseren Versuchen aus sauber gewonnenen Exkrementen bereiteten Frischgülle die Hauptursache für die ausgebliebene Bak-

terieneiweißproduktion war. Durch Zugabe von Kohlenhydraten (Stärke) während der Güllebehandlung wurde eine mögliche "Verunreinigung" der Gülle durch verstreutes Futter simuliert. Auf diese Weise konnte eine Steigerung des Reineiweißgehaltes bis 54 % erreicht werden. Das Verhältnis Stärkezugabe : Reineiweißmehrertrag in der behandelten Gülle betrug dabei etwa 5 : 1. Eine wesentliche Reineiweißproduktion in aerob-biologisch behandelter Gülle scheint nur mit einer Zugabe leicht löslicher Kohlenhydrate möglich zu sein. Eine wirtschaftliche Verwendung von Kohlenhydraten zur Futtereiweißproduktion in Schweinegülle ist in dem im eigenen Versuch benutzten System derzeit nicht gegeben, auch unter der Berücksichtigung des dabei gleichzeitig erreichten Schutzes der Umwelt durch Verringerung bestimmter Gülleinhaltsstoffe.
Ein System zur Schweinemast, bei dem durch Rückfütterung keine oder in ihrer Menge doch wesentlich verringerte Gülleinhaltsstoffe anfallen, scheint auch bei Verwendung optimal mit Kohlenhydratzusatz bereiteter aerob-biologisch behandelter Gülle nicht möglich zu sein.

Summary

The turnover of the components of liquid manure from swine during aerobic-biological treatment and the utilization of the treated liquid manure being refed to growing-finishing pigs was examined.

The continuous treatment in an aerator-agitator reduced the dry matter content by 13 %. In spite of microbial activity in the treated manure the true protein content did not increase.

In a trial with growing-finishing pigs (50 kg to 110 kg live weight) a test group (n = 6) received 4.0 kg treated liquid manure on an average per pig and day for 84 days in addition to a basal ration. A control group (n = 6) received the basal ration only.

Though the "manure group"-animals from the liquid manure additionally took up 30.5 kg dry matter per pig during the trial (8.4 kg ash, 6.3 kg crude fibre, 0.5 kg crude fat, 2.1 kg nitrogen, 3.1 kg true protein and 12.2 kg residual stuff (= NPN-compounds and NFE)) their carcass weights were evidently lower in spite of a higher content of ashes. The content of gross energy, which was determined by analyses of the whole slaughtered animals, tended to be lower than in the control animals.

This negative effect on performance is probably caused by a disadvantageous influence of the NPN-compounds on the metabolism of the "manure group"-animals. This was indicated by increased liver weights and highly increased N-secretion with the urin of the test animals.
The quantity of the dry matter of the liquid manure produced by the "manure group" was not evidently decreased by refeeding.

In additional trials the dry matter content, temperature and pH of the aerobically-biologically treated liquid manure were varied to find better conditions for bacterial growth. But no variation effected a remarkable increase of the true protein content.
It was supposed that in the liquid manure a lack of energy easily available for bacteria was the main reason for lacking production of bacterial protein. This was demonstrated by an addition of carbohydrates (starch) to the cleanly collected excrements during the treatment, which should imitate the possible "pollution" by spilled food. In this way the true protein content increased by 54 %.
The rate of added starch to the increased yield of true protein in the treated liquid manure was about 5 : 1 in these trials.

A significant production of true protein in aerobically treated liquid manure seems to be possible only by adding easily soluble carbohydrates.
An economic utilization of carbohydrates to produce food protein in liquid manure of swine is not seen at the moment, even when the simultaneously obtained pollution abatement by decrease of certain components of the liquid manure is considered.

Even when sufficient carbohydrates are added to aerobically-biologically treated liquid manure, probably a swine fattening and finishing system without producing any manure or even producing essentially less manure than usual will not be possible.

20. Tabellenteil

Tabelle 18: Zusammensetzung der behandelten Gülle

(periodenweise untersucht, Periodenlänge im Mittel 8 Tage)

Periode	Güllebehandlungstage im Hauptversuch	Trockensubstanz	Rohasche	Rohfaser	Rohfett	Ges.N	Reineiw.N	Reineiw.	NPN	Restsubst. (NPN-V.+NFE)	organ. Subst.	Ca	P	Mg	Na	K
		%	Angaben in % der Trockensubstanz													
Anfangsgehalt des Reaktors	-	5,8	33,6	27,1	0,7	8,5	1,40	8,6	7,1	30,0	66,4	-	-	-	-	-
1	1. - 8.	7,0	26,1	23,6	1,3	7,5	1,67	10,4	5,8	38,6	73,9	2,68	2,76	0,88	2,00	3,96
2	9. - 15.	8,1	27,1	22,2	1,5	8,0	1,72	10,7	6,3	38,5	72,9	2,80	2,72	0,85	1,67	3,55
3	16. - 22.	9,4	26,6	20,3	1,7	7,9	1,59	9,9	6,3	41,5	73,4	3,24	2,74	0,82	2,01	3,65
4	23. - 29.	9,6	27,0	20,9	1,6	7,9	1,60	10,0	6,3	40,5	73,0	3,17	2,68	0,76	1,91	3,37
5	30. - 38.	9,8	27,0	20,5	1,8	7,9	1,56	9,7	6,3	41,0	73,0	3,16	2,76	0,82	1,82	3,47
6	39. - 50.	9,5	26,6	19,0	1,4	7,7	1,45	9,1	6,2	43,9	73,4	3,34	2,90	0,83	1,59	3,86
7	51. - 58.	9,1	27,4	20,8	1,3	8,1	1,51	9,4	6,6	41,1	72,6	3,24	2,82	0,80	1,85	3,52
8	59. - 66.	9,4	26,9	19,4	1,3	8,2	1,53	9,6	6,7	42,8	73,1	3,43	2,73	0,79	1,49	3,56
9	67. - 76.	9,3	26,0	19,2	1,5	9,0	1,41	8,8	7,6	44,5	74,0	3,47	2,68	0,84	1,34	3,93
10	77. - 84.	9,6	25,8	21,0	1,5	9,3	1,54	9,6	7,8	42,1	74,2	3,25	2,92	0,86	1,34	4,21
Mittel aus 10 Proben		9,1	26,7	20,7	1,5	8,3	1,56	9,7	6,6	41,4	73,7	3,18	2,77	0,82	1,70	3,71

Tabelle 19: Bilanz der behandelten Gülle im Reaktionsbehälter (84 Tage)

(Angaben in kg)

	Mengen tägl.	Mengen insg.	Trocken-substanz	organ. Subst.	Ges.N	Reine.N	Reine.	NPN	Roh-fett	Roh-faser	Roh-asche	Rest-subst.
Anfangsgeh. d.Reaktors	-	242,0	14,0	9,3	1,2	0,2	1,2	1,0	0,1	3,8	4,7	4,2
Zufuhr Harn	26,9	2263,1	72,6	45,8	21,4	-	-	21,4	-	-	26,8	45,8
Zufuhr Kot	12,8	1076,8	286,2	232,3	8,0	5,5	34,2	2,5	17,7	62,5	53,9	117,9
Gesamt	39,7	3339,9	358,8	278,1	29,4	5,5	34,2	23,9	17,7	62,5	80,7	163,7
Summe	-	3581,9	372,8	287,4	30,6	5,7	35,4	24,9	17,8	66,3	85,4	167,9
Entnahme* beh. Gülle	37,6	3155,3	293,8	215,8	24,6	4,5	27,9	20,1	4,4	59,3	78,0	124,2
Mehrzufuhr	2,2	184,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mengen-zunahme	0,9	77,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Endgehalt d.Reaktors	-	319,0	30,7	23,3	2,8	0,5	2,9	2,4	0,5	6,4	7,4	13,5
Summe	-	3474,3	324,5	239,1	27,4	5,0	30,8	22,5	4,9	65,7	85,4	137,7
"Schwund"	1,3	107,6	48,3	48,3	3,2	0,7	4,6	2,4	12,9	0,6	0	30,2

* dav[illegible] Ver[illegible]utterung im Mittel 4,0 kg/Tier/Tag (24 kg) und Probennahmen

Tabelle 20: 1.Bilanz, Kontrollgruppe, 6 Schweine, 12 Tage, Kot- und Harnausscheidungen

Kot: Tier-Nr.	Kotmenge	Trocken-substanz	Rohasche	Rohfett	Rohfaser	Ges.-N	Rohprotein (N x 6,25)	NFE	Organ. Subst.
	g	g	g	g	g	g	g	g	g
1	17 542	4 907	795	289	1 090	121	759	1 977	4 112
2	18 125	5 108	813	408	1 143	136	852	1 892	4 295
3	16 283	4 473	706	400	1 044	103	644	1 702	3 767
4	16 649	4 758	799	386	1 088	107	668	1 825	3 960
5	17 094	4 688	820	376	950	126	787	1 755	3 869
6	17 959	4 983	822	388	1 128	131	821	1 824	4 162
Mittel	17 275	4 820	792	375	1 074	121	755	1 829	4 027
Ausscheidung pro Tag	1 439,6	401,7	66,0	31,3	89,5	10,1	62,9	152,4	335,6

Harn: Tier-Nr.	Harnmenge	Rohasche	Gesamt-N	NPN-Verb. (Nx2,14)	Trockensubstanz Asche + NPN-V.)
	g	g	g	g	g
1	70 087	242	433	927	1 169
2	52 162	307	468	1 002	1 309
3	47 004	314	464	993	1 307
4	48 548	325	482	1 031	1 356
5	45 364	322	464	993	1 315
6	34 291	298	423	905	1 203
Mittel	49 576	301	456	975	1 277
Ausscheidung pro Tag	4 130,6	25,1	38,0	81,3	106,4

Tabelle 21: 1.Bilanz, Kontrollgruppe, 6 Schweine
Ergebnisse des 12tägigen Versuches, mittleres Anfangskörpergewicht um 70 kg

	a Aufnahme mit dem Futter g/Tier/Tag	b Ausscheid. mit d. Kot g/Tier/Tag	c scheinbare Resorption g/Tier/Tag (a-b)	d scheinbare Resorption % $\frac{c \times 100}{a}$	e Ausscheid. mit d.Harn g/Tier/Tag	f Retiniert g/Tier/Tag (c-e)
absolute Menge	2400,0	1439,6	-	-	4130,6	-
Trockensubstanz	2135,0	401,7	1733,3	81	106,4	-
organ.Substanz	1999,2	335,6	1663,6	83	-	-
Gesamt-N	68,1	10,1	58,0	85	38,0	20,0
Rohasche	135,8	66,0	69,8	51	25,1	44,7
Rohfett	70,9	31,3	39,6	56	-	-
Rohfaser	114,4	89,5	24,9	22	-	-

Tabelle 22: 1.Bilanz, Versuchsgruppe, 6 Schweine, 12 Tage, Kot- und Harnausscheidungen

Kot:

Tier-Nr.	Kotmenge	Trocken-substanz	Rohasche	Rohfett	Rohfaser	Ges.-N	Rohprotein (N x 6,25)	NFE	Organ. Subst.
	g	g	g	g	g	g	g	g	g
7	25 406	6 801	1 262	455	1 462	205	1 282	2 341	5 539
8	25 281	7 135	1 220	466	1 545	198	1 240	2 663	5 914
9	43 301	8 303	1 426	490	1 742	260	1 626	3 019	6 877
10	27 171	7 685	1 430	453	1 724	231	1 443	2 720	6 255
11	29 087	7 666	1 384	475	1 720	221	1 382	2 706	6 283
12	28 302	7 444	1 350	428	1 628	208	1 298	2 740	6 094
Mittel	29 758	7 505	1 345	461	1 637	220	1 378	2 698	6 160
Ausscheidung pro Tag	2 479,8	625,4	112,1	38,4	136,4	18,3	114,8	224,8	513,3

Harn:

Tier-Nr.	Harnmenge	Rohasche	Gesamt-N	NPN-Verb. (Nx2,14)	Trockensubstanz (Asche + NPN-V.)
	g	g	g	g	g
7	48 921	756	659	1 410	2 166
8	64 301	747	698	1 494	2 241
9	48 922	686	660	1 412	2 098
10	41 300	637	599	1 282	1 919
11	73 650	776	678	1 451	2 227
12	63 578	684	595	1 273	1 957
Mittel	56 779	715	648	1 387	2 101
Ausscheidung pro Tag	4 731,6	59,6	54,0	115,6	175,1

Tabelle 23: 1.Bilanz, Versuchsgruppe, 6 Schweine

Ergebnisse des 12tägigen Versuches, mittleres Anfangskörpergewicht um 70 kg

	a	b	c	d	e	f	g	h
	Aufnahme mit dem Futter	Aufnahme mit behand.Gülle	Aufnahme insgesamt	Ausscheid. mit d.Kot	scheinbare Resorption	scheinbare Resorption	Ausscheid. mit d.Harn	Retiniert
	g/Tier/Tag	g/Tier/Tag	g/Tier/Tag (a+b)	g/Tier/Tag	g/Tier/Tag (c-d)	% $\frac{e \times 100}{c}$	g/Tier/Tag	g/Tier/Tag (e-g)
absolute Menge	2400,0	3200,0	5600,0	2479,8	-	-	4731,6	-
Trocken-substanz	2135,0	291,2	2426,2	625,4	1800,8	74	175,1	-
organ. Substanz	1999,2	210,0	2209,2	513,3	1695,9	77	-	-
Gesamt-N	68,1	23,9	92,0	18,3	73,7	80	54,0	19,7
Rohasche	135,8	81,2	217,0	112,1	104,9	48	59,6	45,3
Rohfett	70,9	4,7	75,6	38,4	37,2	49	-	-
Rohfaser	114,4	57,9	172,3	136,4	35,9	21	-	-

Tabelle 24: 1.Bilanz, Verwertung der zusätzlich verfütterten behandelten Gülle

	Mehraufnahme	Mehrausscheidung durch den Kot		Mehrausscheidung			Retention negativ (-) bzw. positiv (+)	
	g/Tier/Tag	g/Tier/Tag	in % der Mehraufn.	durch den Harn g/Tier/Tag	insgesamt (Harn+Kot) g/Tier/Tag	insgesamt in % der Mehraufn.	g/Tier/Tag	in % der Mehraufn.
absolute Menge	3200,0	1039,8	-	601,0	1640,8	-	-	-
Trocken-substanz	291,2	223,7	76,8	68,7	292,4	100,4	- 1,2	- 0,4
organ. Substanz	210,0	177,7	84,6	-	-	-	-	-
Gesamt-N	23,9	8,2	-	16,0	24,2	101,3	- 0,3	- 1,3
Rohasche	81,2	46,1	56,8	34,5	80,6	99,3	+ 0,6	+ 0,7
Rohfett	4,7	7,1	151,1	-	-	-	-	-
Rohfaser	57,9	46,9	81,0	-	-	-	-	-

Tabelle 25: 2.Bilanz, Kontrollgruppe, 5 Schweine, 10 Tage, Kot- und Harnausscheidungen

Kot: Tier-Nr.	Kotmenge	Trocken-substanz	Rohasche	Rohfett	Rohfaser	Ges.-N	Rohprotein (N x 6,25)	NFE	Organ. Subst.
	g	g	g	g	g	g	g	g	g
1	14 909	4 100	688	301	975	95	593	1 542	3 412
3	14 911	3 981	705	338	935	91	568	1 435	3 276
4	15 896	4 298	813	374	897	99	618	1 596	3 485
5	16 887	4 281	771	366	911	118	740	1 494	3 510
6	16 483	4 442	771	353	920	122	763	1 634	3 671
Mittel	15 817	4 220	750	346	928	105	656	1 540	3 471
Ausscheidung pro Tag	1 581,7	422,0	75,0	34,6	92,8	10,5	65,6	154,0	347,1

Harn: Tier-Nr.	Harnmenge	Rohasche	Gesamt-N	NPN-Verb. (Nx2,14)	Trockensubstanz (Asche + NPN-V.)
	g	g	g	g	g
1	64 517	251	386	826	1 077
3	43 723	297	428	916	1 213
4	48 755	253	437	935	1 188
5	41 658	216	409	875	1 091
6	36 413	303	393	841	1 144
Mittel	47 013	264	411	879	1 143
Ausscheidung pro Tag	4 701,3	26,4	41,1	87,9	114,3

Tabelle 26: 2.Bilanz, Kontrollgruppe, 5 Schweine
Ergebnisse des 10tägigen Versuches, mittleres Anfangskörpergewicht um 80 kg

	a Aufnahme mit dem Futter g/Tier/Tag	b Ausscheid. mit d. Kot g/Tier/Tag	c scheinbare Resorption g/Tier/Tag (a-b)	d scheinbare Resorption % $\frac{c \times 100}{a}$	e Ausscheid. mit d.Harn g/Tier/Tag	f Retiniert g/Tier/Tag (c-e)
absolute Menge	2600,0	1581,7	-	-	4701,3	-
Trockensubstanz	2313,0	422,0	189,1	82	114,3	-
organ.Substanz	2165,9	347,1	1818,8	84	-	-
Gesamt-N	73,8	10,5	63,3	86	41,1	22,2
Rohasche	147,1	75,0	72,1	49	26,4	45,7
Rohfett	76,8	34,6	42,2	55	-	-
Rohfaser	124,0	92,8	31,2	25	-	-

Tabelle 27: 2.Bilanz, Versuchsgruppe, 6 Schweine, 10 Tage, Kot- und Harnausscheidungen

Kot: Tier-Nr.	Kotmenge	Trocken-substanz	Rohasche	Rohfett	Rohfaser	Ges.-N	Rohprotein (N x 6,25)	NFE	Organ. Subst.
	g	g	g	g	g	g	g	g	g
7	27 496	7 621	1 521	442	1 610	230	1 436	2 612	6 100
8	24 492	7 026	1 345	421	1 534	188	1 177	2 549	5 681
9	40 693	8 755	1 694	464	1 770	265	1 658	3 168	7 060
10	31 641	8 510	1 642	470	1 850	249	1 557	3 004	6 868
11	29 806	8 024	1 260	444	1 905	222	1 386	3 029	6 764
12	30 794	8 284	1 597	460	1 796	227	1 418	3 014	6 687
Mittel	30 820	8 037	1 510	450	1 744	230	1 439	2 896	6 527
Ausscheidung pro Tag	3 082,0	803,7	151,0	45,0	174,4	23,0	143,9	289,6	652,7

Harn: Tier-Nr.	Harnmenge	Rohasche	Gesamt-N	NPN-Verb. (Nx2,14)	Trockensubstanz (Asche + NPN-Verb.)
	g	g	g	g	g
7	52 750	710	704	1 507	2 217
8	68 154	866	796	1 703	2 569
9	62 781	675	701	1 500	2 175
10	50 827	694	633	1 355	2 049
11	80 463	571	670	1 434	2 005
12	63 773	692	643	1 376	2 068
Mittel	63 125	701	691	1 479	2 181
Ausscheidung pro Tag	6 312,5	70,1	69,1	147,9	218,1

Tabelle 28: 2.Bilanz, Versuchsgruppe, 6 Schweine

Ergebnisse des 10tägigen Versuches, mittleres Anfangskörpergewicht um 80 kg

	a Aufnahme mit dem Futter g/Tier/Tag	b Aufnahme mit behand.Gülle g/Tier/Tag	c Aufnahme insgesamt g/Tier/Tag (a+b)	d Ausscheid. mit d.Kot g/Tier/Tag	e scheinbare Resorption g/Tier/Tag (c-d)	f scheinbare Resorption % $\frac{e \times 100}{c}$	g Ausscheid. mit d.Harn g/Tier/Tag	h Retiniert g/Tier/Tag (e-g)
absolute Menge	2600,0	5000,0	7600,0	3082,0	-	-	6312,5	-
Trocken-substanz	2313,0	456,0	2769,0	803,7	1965,3	71	218,1	-
organ. Substanz	2165,9	329,7	2495,6	652,7	1842,9	74	-	-
Gesamt-N	73,8	41,0	114,8	23,0	91,8	80	69,1	22,7
Rohasche	147,1	126,3	273,4	151,0	122,4	45	70,1	52,3
Rohfett	76,8	7,8	84,6	45,0	39,6	47	-	-
Rohfaser	124,0	93,0	217,0	174,4	42,6	20	-	-

Tabelle 29: 2 Bilanz, Verwertung der zusätzlich verfütterten behandelten Gülle

	Mehraufnahme	Mehrausscheidung durch den Kot		Mehrausscheidung			Retention negativ (-) bzw. positiv (+)	
	g/Tier/Tag	g/Tier/Tag	in % der Mehraufn.	durch den Harn g/Tier/Tag	insgesamt (Harn+Kot) g/Tier/Tag	insgesamt in % der Mehraufn.	g/Tier/Tag	in % der Mehraufn.
absolute Menge	5000,0	1500,3	-	1611,2	3111,5	-	-	-
Trocken-substanz	455,9	381,7	83,7	103,8	485,5	106,5	- 29,6	- 6,5
organ. Substanz	329,5	305,6	92,7	-	-	-	-	-
Gesamt-N	41,2	12,5	30,3	28,0	40,5	98,3	+ 0,7	+ 1,7
Rohasche	126,4	76,0	60,1	43,7	119,7	94,7	+ 6,7	+ 5,3
Rohfett	9,0	10,4	115,6	-	-	-	-	-
Rohfaser	92,8	81,6	87,9	-	-	-	-	-

Tabelle 30: Schlachtkörpergewichte, Schlachtverluste, Kühlverluste und Lebergewichte

	Tier-Nr.	Schlacht-verluste (%)	Schlachtkörpergewicht frisch (kg)	Schlachtkörpergewicht 3 Tage gekühlt (kg)	Kühlver-luste (%)	Leberge-wichte (kg)	Magen-Darm-Trakt-Inhalte der ausgeschlachteten Innereien (kg)
Kontrollgruppe n = 6	1	21,0	84,5	81,9	3,1	1,326	1,91
	2	21,3	85,5	82,0	4,1	1,371	2,57
	3	23,0	87,5	84,7	3,2	1,276	2,58
	4	23,5	87,0	84,0	3,4	1,549	3,25
	5	21,8	85,0	80,3	3,3	1,172	1,71
	6	22,7	81,5	78,8	3,3	1,262	1,33
	Mittel	22,2 ±s=1,0	84,8 ±s=2,32	82,0 ±s=2,21	3,4 ±s=0,36	1,326 ±s=0,13	2,23 ±s=0,70
Versuchsgruppe n = 6	7	27,7	80,0	77,2	3,5	1,613	4,46
	8	27,8	81,0	78,8	2,7	1,658	5,13
	9	24,8	77,5	74,0	4,5	1,717	3,69
	10	25,0	75,0	72,3	3,6	1,712	2,86
	11	27,3	80,0	77,2	3,5	1,682	3,97
	12	26,4	87,0	84,2	3,2	1,619	4,24
	Mittel	26,5 ±s=1,3	80,1 ±s=4,04	77,3 ±s=4,14	3,5 ±s=0,59	1,667 ±s=0,04	4,06 ±s=0,76
		signifikant mit p < 0,001	signifikant mit p < 0,05	signifikant mit p < 0,05		signifikant mit p < 0,001	

	Tier-Nr.	Trockensub. (analysiert)	Rohprotein (N x 6,25)	Rohfett	Rohasche	Ca	P	Mg	Na	K	Bruttoenergie-ansatz/kcal
		g	g	g	g	g	g	g	g	g	
Kontrollgruppe n = 6	1	44 842	14 691	27 817	2 711	674	504	26	108	163	348 001
	2	40 744	15 436	22 426	3 197	916	588	29	93	175	301 032
	3	46 151	15 079	28 207	3 164	751	516	30	97	181	353 917
	4	45 997	15 034	28 242	3 060	793	538	28	110	179	353 993
	5	47 334	14 207	30 570	2 904	691	509	27	81	174	371 395
	6	40 120	15 218	22 066	3 035	880	527	29	93	165	296 370
	Mittel	44 198 ± s = 3 028,5	14 944 ± s = 436	26 555 ± s = 3 478,2	3 007 ± s = 180,2	784 ± s = 98,6	530 ± s = 30,8	28 ± s = 1,5	97 ± s = 10,8	173 ± s = 7,3	337 451 ± s = 31 056
Versuchsgruppe n = 6	7	42 066	14 743	24 583	3 283	899	602	30	94	132	317 574
	8	42 609	14 884	25 254	3 193	941	528	30	101	165	324 752
	9	40 473	13 933	24 056	3 107	666	443	27	103	143	307 950
	10	40 323	13 857	24 593	2 784	661	508	24	86	146	312 619
	11	40 814	15 059	22 661	3 580	788	523	32	94	154	301 116
	12	41 551	17 620	20 046	3 580	830	521	32	123	163	290 871
	Mittel	41 389 ± s = 32,2	15 016 ± s = 1 370,5	23 532 ± s = 1 917,3	3 255 ± s = 303,2	798 ± s = 116,6	521 ± s = 50,7	29 ± s = 3,1	100 ± s = 12,7	151 ± s = 12,6	309 147 ± s = 12 054
	Differenz z. Kontr.-Gr.	-2 809	+72	-3 023	+247	--	--	--	--	--	-28 306 = -8,4 %
		nicht signifikant	nicht signifik.	nicht signif.	signif. mit $p < 0,05$						nicht signifikant

21. Literaturverzeichnis

ADRIANO, D.C., P.F.PRATT und S.E.BISHOP (1971)
Fate of inorganic forms of N and salt from land-disposed manures from dairies
Livestock waste management and pollution abatement
Proc.Intern.Symp.on Livestock Wastes, Columbus, Ohio : 243

ANDRJUCHIN, T.J. (1974)
Pers. Mitteilung, zitiert nach HENNIG, A., POPPE, S. (1976), s. dort

Anonym (1974)
Recycling pig waste
Wiederverwertung von Schweineabfällen
Pig International, Nov./Dez. 1974 : 38

ANTHONY, W.B. (1968 a)
Process of recovering feed products from animal wastes
U.S.Patent No. 3 675 116

ANTHONY, W.B. (1968 b)
Manure-containing silage - production and nutritive value
J. Anim. Sci. 26 : 217

ANTHONY, W.B. (1971)
Animal waste value - nutrient recovery and utilization
J. Anim. Sci. 32 : 799

ATMARAN, K., S.I.AHMED und M.A.HUSSAIN (1971)
Preliminary trials on the use of sheep dung in poultry mash - effect on growth of chicks
Indian vet. J. 48 : 516

AYYALUSWAMI, P., V.JAGANATHAN und V.S.JAYARAMAN (1967)
Studies on maize, ragi, and cow dung meal in chick mash
Indian vet. J. 44 : 331

BAADER, W., R. THAER und H.TRAULSEN (1972)
Verfahren zur Behandlung von Abfällen der tierischen Produktion
Berichte über Landwirtschaft 50, 3 : 612

BAKER, C.J.L. (1972)
A note on the estimation of uric acid radical in avian excreta
Poul. Sci. 25 : 593

BARE, L.N., R.F.WISEMAN und O.J.ABBOTT (1964)
Effects of dietary antibiotics and uric acid on the growth of chicks
J. Nutr. 83 : 27

BARRET, T.J. (1946)
The earthworm system
Earthmaster Publications, Roscoe, California

BHATTACHARYA, A.N. (1964)
Studies on the nutritional value of poultry litter in ruminants and poultry. Thesis
Virginia Polytechnik Inst. and State Univ., Blacksburg

BHATTACHARYA, A.N. und J.C.TAYLOR (1975)
Recycling animal waste as a feedstuff : a review
J. Anim. Sci. 41 : 1438

BIELY, J., R.SOONG, L.SEILER und W.H.POPE (1972)
Dehydrated poultry waste in poultry rations
Poultry Sci. 51 : 1502

BLAIR, R. (1972)
Utilization of ammonium compounds and certain non-essential amino acids by poultry
World Poultry Science J. 29 : 189

BLAIR, R. und D.W.KNIGHT (1973)
Recycling animal wastes
Part 2 : Feeding recycled wastes to poultry and livestock
Feedstuffs 45 (12) : 31

BLAIR, R. und D.J.W.LEE (1973)
The effects on egg production and egg composition of adding supplements of amino acids and/or urea or dried autoclaved poultry manure to a low-protein layer diet
Br. Poultry Sci. 14 : 9

BOERSMA, L. (1975)
Conversion of Swine Manure to Protein
Feedstuffs 47 (39) : 20

BOSE, S. und D.B.GHOSH (1945)
The determination of uric acid in poultry excreta with uricase
Poul. Sci. 24 : 146

BRINKER, J., M.MORGAN, J.LUDLOW, O.OWENS, W.McAULIFFE, H.VICKERMAN, F.WELTON, H.WALL, D.MAYER, J.KELLY, H.DAVIES, J.HILL (1975 a)
"Biofeed" boosts gains, efficiency in Florida test
Beef, Nov. 1975

BRINKER, J.H., J.LUDLOW, H.E.VICKERMAN, O.D.OWENS und B.McAULIFFE (1975 b)
Oxidation ditch liquid boosts efficiency 10 %
National Hog Farmer, August 1975

CALVERT, C.C., R.D.MARTEN und N.O.MORGAN (1969)
House fly pupae as food for poultry
J. Economic Entomology 62 : 938

CALVERT, C.C., N.O.MORGAN und H.J. EBY (1971)
Biodegrated hen manure and adult house flies : Their nutritional value to the growing chick
Livestock waste management and pollution abatement
Proc.Intern.Symp.on Livestock Wastes, Columbus, Ohio : 319

CALVERT, C.C., N.O.MORGAN und R.D.MARTEN (1970)
House fly larvae : Biodegration of hen excreta to useful products
Poul. Sci. 49 : 588

CASWELL, L.F., J.P.FONTENOT und K.E.WEBB Jr. (1974)
Ensiled high moisture corn grain and broiler litter
J. Anim. Sci. 39 : 138

CASWELL, L.F., J.P.FONTENOT und K.E.WEBB Jr. (1975)
Ensiled broiler litter with different moisture levels
J. Anim. Sci. 40 : 200

CENNI, B., G.JANELLA und B.COLOMBANI (1969)
Poultry litter for feeding table poultry (broiler)
Ann. Fac. Vet. Med., Pisa 22 : 276

CHANG, A.C., A.C.DALE und J.M.BELL (1971)
Nitrogen transformation during aerobic digestion and denitification of dairy cattle wastes
Livestock waste management and pollution abatement
Proc.Intern.Symp.on Livestock Wastes, Columbus, Ohio : 272

CLARK, C.E. (1964)
How are lagoons working on hog farms ?
ASAE Paper No. 64 - 419

CONRAD, J.H. und V.B.MAYROSE (1971)
Animal waste handling and disposal in confinement production of swine
J. Anim. Sci. 32 : 811

COUCH, J.R. (1972)
Feeding poultry manure to animals
Feedstuffs 44 (31) : 24

CZYGAN, F.C. (1971)
Der Stickstoffkreislauf in der Natur
Biologie in unserer Zeit 1 : 101

D'ADDAMIO, G.H. und W.F.WILLIAMS (1972)
Effects on feeding dried bovine feces on mouse reproduction
J. Dairy Sci. 55 : 698

DAVIES, C.K., G.A.VARGA und R.S.HINKSON (1975)
Conversion of animal wastes to feed supplements via the Organiform Process
Managing Livestock Wastes
Proc.3rd Intern.Symp.on Livestock Wastes, Univ.of Ill. : 506

DAWSON, D. (1971)
Dissertation
Harper Adams Agricultural College, London

DAY, D.L. und B.G.HARMON (1972)
A recycled feed source from aerobically processed swine wastes
ASAE Paper No. 72 - 954

DAY, D.L., D.D.JONES, A.C.DALE und D.SIMONS (1975)
Oxidation ditches for livestock wastes
Managing Livestock Wastes
Proc.3rd Intern.Symp.on Livestock Wastes, Univ.of Ill. : 510

DIGGS, B.G., B.BAKER Jr. und F.G.JAMES (1965)
Value of pig feces in swine finishing rations
J. Anim. Sci. 24 : 291

DUNN, G.G. und J.B.ROBINSON (1972)
Nitrogen losses through denitrification and other changes in continuously aerated poultry manure
Waste Management Research
Proc.1972 Cornell Agr.Waste Man.Conf. : 545

DURHAM, R.M., G.W.THOMAS, R.C.ALBIN, L.G.HOW, S.E.CURL und T.W.BOX (1966)
Coprophagy and use of animal waste in livestock feeds
ASAE Publication No. SP - 0366 : 112

EATON, B. (1970)
Dissertation
Harper Adams Agricultural College, London

EGGUM, B.D. und K.D.CHRISTENSEN (1974)
Utilization by rats of protein in pig feces relative to barley and fortified casein proteins
Agric. Environ. 1 : 59

ERNST, E. (1975)
Vorlesungsumdruck, Kiel

FLEGAL, C.J. und H.C.ZINDEL (1969)
The utilization of DPW by laying hens
Poultry Sci. 48 : 1807

FLEGAL, C.J. und H.C.ZINDEL (1971)
Dehydrated poultry waste (DPW) as a feedstuff in poultry rations
Livestock Waste Management and Pollution Abatement
Proc.Intern.Symp.on Livestock Wastes, Columbus, Ohio : 305

FONTENOT, J.P., L.F.CASWELL, B.W.HARMON und K.E.WEBB Jr. (1975)
Ensiling broiler litter with corn forage, corn grain and water
Managing Livestock Wastes
Proc.3rd Intern.Symp.on Livestock Wastes, Univ.of Ill. : 222

FOSGATE, D.T. und M.R.BABB (1972)
Biodegradation of animal waste by Lumbricius terrestris
J. Dairy Sci. 55 : 870

FURRER, O.J., W.STAUFFER und M.ROULET (1974)
Menge und Zusammensetzung der in der Schweinehaltung anfallenden Gülle
Schweizerische Landw. Monatshefte 52 : 245

FUSS, D. (1975)
Stand der Rechtsverordnungen zum Abfallbeseitigungsgesetz
Der Tierzüchter 27 (5) : 179

GERI, G. (1968)
Accrescimento, consumi alimentari e risultati dell' allevamento di giovani suini alimentati con miscele contenenti pollina
Alimentazione Animale 12 : 559

GRABBE, K., R.THAER und R.AHLERS (1975)
Investigations on the procedure and the turn-over of organic matter by hot fermentation of liquid cattle manure
Managing Livestock Wastes
Proc.3rd Intern.Symp.on Livestock Wastes, Univ.of Ill. : 506

GRAFF, O. (1973)
Produktion von Biomasse durch Eisenia foetida auf Haustierkot als Substrat
3. Zwischenbericht über die Arbeit der 1. Arbeitsgruppe "Tierische und Siedlungsabfälle, Immissionen" des Forschungsschwerpunktes "Auswirkungen land- und forstwirtschaftlicher Produktionsprozesse auf die Umwelt" der Bundesforschungsanstalten

GRIFFIN, H.L., J.H.SLONEKER und G.E.INGLETT (1974)
Cellulase production by Trichoderma viridae on feedlot waste
Appl. Microbiol. 27 (6) : 1061

HAGEMEISTER, H. und E.PFEFFER (1973)
Der Einfluß von formaldehydbehandeltem Kasein und Sojaschrot auf die mikrobillen Protein-Umsetzungen in den Vormägen und die Aminosäure-Versorgung im Darm der Milchkuh
Zeitschrift f. Tierphys., Tierern. und Futtermittelk. 31 : 275

HARMON, B.G. und D.L.DAY (1974)
Nutritive value of amino acid produced in an oxidation ditch from waste
Proc. 1974 Cornell Agric. Waste Managem. Conf. : 375

HARMON, B.G. und D.L.DAY (1975)
Nutrient availablility from oxidation ditches
Managing Livestock Wastes
Proc.3rd Intern.Symp.on Livestock Wastes, Univ.of Ill. : 199

HARMON, B.G., D.L.DAY, A.H.JENSEN und D.H.BAKER (1972 a)
Nutritive value of aerobically sustained swine excrement
J. Anim. Sci. 34 : 403

HARMON, B.G., D.L.DAY, D.H.BAKER, S.E.CURTIS und A.H.JENSEN (1972 b)
Harvesting nutrients from swine wastes
Univers.of Illinois Dept.of Anim. Sci. AS - 661 g

HARMON, B.G., D.L.DAY, D.H.BAKER und A.H.JENSEN (1973)
Nutritive value of aerobically or anaerobically processed swine waste
J. Anim. Sci. 37 : 150

HARMON, B.G., D.L.DAY, A.H.JENSEN und D.H.BAKER (1971)
Nutritive value of oxidation ditch mixed liquor for rats
J. Anim. Sci. 33 : 1149

HARMON, B.G., A.H.JENSEN und D.H.BAKER (1969)
Nutritive value of oxidation ditch residue
J. Anim. Sci. 29 : 136

HARMON, B.W., J.P.FONTENOT und K.E.WEBB Jr. (1972)
Digestibility and palatability of ensiled broiler litter and corn
J. Anim. Sci. 35 : 265

HARMON, B.W., J.P.FONTENOT und K.E.WEBB Jr. (1973)
Fermentation of ensiled broiler litter and corn forage
J. Anim. Sci. 36 : 218

HARMON, B.W., J.P.FONTENOT und K.E.WEBB Jr. (1975 a)
Ensiled broiler litter and corn forage
I. Fermentation characteristics
J. Anim. Sci. 40 : 144

HARMON, B.W., J.P.FONTENOT und K.E.WEBB Jr. (1975 b)
Ensiled broiler litter and corn forage
II. Digestibility, notrogen utilization and palatability by sheep
J. Anim. Sci. 40 : 156

HARNISCH, S. (1974)
Energie- und Stickstoffumsatz nach Verfütterung von Geflügel-Trockenkot an Legehennen
Archiv für Geflügelkunde 38 : 1

HART, S.A. und C.G.GOLUCKE (1965)
Producing algae in lagoons
Transactions ASAE 8 (1) : 122

HEGG, R.O. und E.R.ALLRED (1975)
Nitrogen transformations in aerated beef slurries
Managing Livestock Wastes
Proc.3rd Intern.Symp.onLivestock Wastes, Univ.of Ill. : 514

HENNIG, A. (1971)
Grundlagen der Fütterung
VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin

HENNIG, A. und S.POPPE (1976)
Abprodukte tierischer Herkunft als Futtermittel
Ferd.Enke Verlag, Stuttgart

HENNIG, A., D.SCHÜLER, H.-H.FREYTAG, C.VOIGT, K.GRUHN und H.JEROCH (1972/73)
Erste Untersuchungen über den Einsatz von Schweinekot in der Rindermast
Jahrb. Tierern. u. Tierfütt. 8 : 226

HODGETTS, B. (1971)
The effects of including DPW in the feed of laying hens
Livestock Waste Management
Proc.Intern.Symp.on Livestock Wastes, Columbus, Ohio : 311

HOLLAND, M.R., E.T.KORNEGAY und J.D.HEDGES (1975)
Nutritive value of swine feces for swine
Managing Livestock Wastes
Proc.3rd Intern.Symp.on Livestock Wastes, Univ.of Ill. : 214

HOLMES, L.W.L., D.L.DAY und J.T.PFEFFER (1971)
Concentration of proteinaceous solids from oxidation ditch-mixed liquor
Livestock Waste Management
Proc. Intern.Symp.on LIvestock Wastes, Columbus, Ohio : 351

HORE, F.R. und V.I.D.SPENCER (1970)
Survey of operating farm oxidation ditches
ERDA 11, Canada Agri., Ottawa : 9

JENSEN, F. (1974)
Die Wirkung aerober Schweineflüssigdungbehandlung auf die Geruchsminderung
Dissertation, Kiel

JEROCH, H., G.RICHTER und R.ABEND (1974)
Unveröffentlichte Arbeiten der Fachgruppe Tierernährung Jena
zitiert n. HENNIG/POPPE (1976) s.dort

JOHNSON, H.S. (1975)
Refeeding ODML to laying hens
Livest.Waste Manag. Research Proj., Univ.of Ill. : 9

KALICH, J. (1976)
pers. Mitteilung, München

KAUFMANN, W. und H.HAGEMEISTER (1975)
Zur Verwertung von Harnstoff (NPN) beim Wiederkäuer
Übers.z.Tierern. 3 : 33

KNIGHT, D.W. (1972)
Utilization of dried poultry manure
A conference on feed formulations of the future
The Institute of Corn a. Agricultural Merchants, Ltd., Staveley Bank, West End, Halifax, Yorkshire

LAUR, U. (1974)
Biologische Behandlung von Schweineflüssigdung mit einem Umwälzbelüfter
Dissertation, Kiel

LIPSTEIN, B. und S.BORNSTEIN (1971)
Value of dried cattle manure as a feedstuff for broiler chicks
Israel J. Agr. Res. 21 : 163

LIPSTEIN, B. und S.BORNSTEIN (1973)
Value of dried cattle manure as a feedstuff of poultry
Feedstuffs 45 (24) : 22

LOEHR, R.C. (1974)
Agricultural Waste Management
Academic Press, New York und London 1974

LOWMAN, B.G. und D.W.KNIGHT (1970)
A note on the apparent digestibility of energy and protein in dried poultry excreta
Anim. Prod. 12 : 525

LUECKER, C.E. und E.M.BUTTERWORTH (1960)
Evidence concerning the origin of androgenic activity in female bovine feces
J. Dairy Sci. 43 : 1833

MALKOMESIUS, E., K.NEHRING, G.KLAUS und H.KUMMER (1951)
Handbuch der landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik, Bd.III

MANTHEY, E.W. (1972)
General Electric opens Arizona pilot plant for converting cattle manure to protein supplement
Feedstuffs 44 (37) : 4

MARTIN, J.H., Jr. und R.C.LOEHR (1975)
An evaluation of aeration systems for poultry wastes under commercial conditions
Managing Livestock Wastes
Proc.3rd Intern.Symp.on Livestock Wastes, Univ.of Ill. : 526

MASON, V.C. (1969)
Some observations on the distribution and origin of nitrogen in sheep faeces
J. Agri. Sci., Cambr. 73 : 99

MASON, V.C. und R.PALMER (1971)
Studies on the digestibility and utilization of the nitrogen of irradiated rumen bacteria by rats
J. Agri. Sci., Cambr. 76 : 567

McCLURE, K.E., R.L.PRESTON und E.W.KLOSTERMAN (1973)
Digestibility and palatability of fermented cattle manure fed to cattle
J. Anim. Sci. 37 : 350

McINROY, D.M. (1971)
Evaluations of the earthworm "Eisenia foetida" as a food for man and domestic animals
Feedstuffs 43 (8) : 37

McNAB, J.M., D.J.W.LEE und D.W.F.SHANNON (1972)
The growth of broiler chickens fed low-protein diets containing triammonium citrate, diammonium hydrogen citrate and autoclaved dried poultry manure
British Poul. Sci. 13 : 357

MILLER, B.F. (1969)
Biological digestion of manure by diptera
Feedstuffs 41 (51) : 32

MILLER, B.F. und J.H.SHAW (1969)
Digestion of poultry manure by diptera
Poul. Sci. 48 : 1844

MILLER, B.F., J.S.TOETIA und T.O.THATCHER (1974)
Digestion of poultry manure by Musca domestica
British Poul. Sci. 15 : 231

MILLER, E.R. (1975)
zitiert n. KENDALL, J.D.
Nutrient availability from swine waste compared
Feedstuffs 47 (45) : 12

MILLER, E.R., E.C.MILLER, F.F.GRAEN, P.K.KU, P.A.WHETTER und D.E.ULLREY (1974)
Studies with a swine waste recycling system
J. Anim. Sci. 39 : 186

MINER, J.R., L.BOERSMA, J.E.OLDFIELD und H.K.PHINNEY (1975)
Swine waste nutrient recovery system based on the use of thermal discharges
Managing Livestock Wastes
Proc.3rd Intern.Symp.on Livestock Wastes, Univ.of Ill. : 168

MOORE, J.D. und W.B.ANTHONY (1970)
Enrichment of cattle manure for feed by anaerobic fermentation
J. Anim. Sci. 30 : 324

MOSENTHIN, R. (1974)
Zusammensetzung und Nährwert aerob-biologisch behandelten Schweineflüssigdungs
Diplomarbeit, Kiel

MULLIGAN, T.J. und J.C.HESLER (1972)
Treatment and disposal of swine waste
Waste Management Research
Proc.1972 Cornell Agr. Waste Man. Conf. : 517

NEBIKER, H. (1974)
Ein Beitrag zur Bodenbiologie in der modernen Landwirtschaft und zum Umweltschutz
Schweizerische Landw. Monatsh. 52 : 57

NEHRING, K. (1972)
Lehrbuch der Tierernährung und Futtermittelkunde, 9.Aufl.
Verlag J.Neumann, Melsungen, Berlin, Basel, Wien

NESHEIM, M.C. (1972)
Evaluation of dehydrated poultry manure as a potential poultry feed ingredient
Animal Waste Conference, Feb.1., Cornell Univ.

ORR, D.E. (1971)
Recycling dried waste to finishing pigs
Research Rep., Michigan State Univ. AH - SW - 7115

ORR, D.E., E.R.MILLER, P.K.KU, W.G.BERGEN und D.E.ULLREY (1971)
Recycling of dried waste in swine
J. Anim. Sci. 33 : 1152

ORR, D.E., E.R. MILLER, D.E.ULLREY und W.G.BERGEN (1972)
Evaluation of oxidation ditch liquor for finishing swine
J. Anim. Sci. 35 : 1108

ORR, D.E., E.R.MILLER, P.K.KU, W.G.BERGEN, D.E.ULLREY und E.C.MILLER (1973)
Swine waste as a nutrient source for finishing pigs
Michigan St.Univ. Rep.on Swine Res. 232 : AH - SW - 7319

OUSTERHOUT, L.E. und R.H.PRESSER (1971)
Increased feces production from hens being fed poultry manure
Poul. Sci. 50 : 1614

PALAFOX, A.L. und M.M.ROSENBERG (1951)
Dried cow manure as a supplement in a layer and breeder ration
Poul. Sci. 30 : 136

PALAFOX, A.L. und M.M.ROSENBERG (1952)
Further studies on the effect of dried cow manure on the domestic fowl
Poul. Sci. 31 : 673

PEREZ-ALEMAN, S., D.G.DEMPSTER, P.R.ENGLISH und J.H.TOPPS (1971)
A note on dried poultry manure in the growing pig
Anim. Prod. 13 : 361

PHELPS, A. (1969)
Poultry muck as pig feed
Pig Farming 17 (9) : 22

PÖPEL, F. (1970 a)
Aufbau, Wirkungsweise und Förderleistung von Umwälzbelüftern
Landtechn. Forsch. 18 : 138

PÖPEL, F. (1970 b)
Selbsterwärmung bei der aeroben Reinigung hochkonzentrierter Substrate mit Hilfe von Umwälzbelüftern
Landtechn. Forsch. 18 : 140

PÖPEL, F. (1971)
Energieerzeugung beim biologischen Abbau organischer Stoffe
gwf - wasser/abwasser 112 : 407

POLIN, D., S.VARGHESE, M.NEFF, M.GOMEZ, C.J.FLEGAL und H.C.ZINDEL (1971)
The metabolizable energy value of dried poultry waste
Research Rep. 152, Farm Science, Mich. St. Univ. : 32

PRAWIROKUSUMO, S. (1975)
Fresh, fermented and fly larva inoculated-fermented dried poultry manure as source of supplemental protein for chicks
Livestock Waste Manag. Res. Proj., Univ. Illinois : 8

PRESSER, R.H. und L.E. OUSTERHOUT (1972)
Dietary means of reducing feces production from laying hens
Informal Poul. Nutr. Conf., Feder.of Am. Soc. for Exper. Biology

PRYOR, W.J. und J.K.CONNOR (1964)
A note on the utilization by chickens of energy from faeces
Poul. Sci. 43 : 833

QUISENBERRY, J.H. und J.W.BRADLEY (1969)
Nutrient recycling by laying hens
Feedstuffs 41 (5) : 19

RIEMANN, U. (1972)
Aerobic treatment of swine waste by aerator-agitators ("Fuchs")
Waste Management Research : 537
Proc. 1972 Cornell Agric. Waste Manag. Conf.

RILEY, G.M. und J.C.HAMMOND (1942)
An androgenic substance in feces from cattle as demonstrated by tests on the chick
Endocrinology 31 : 653

RINEHART, K.E., D.C.SNETSINGER, W.W.RAGLAND und R.A.ZIMMERMAN (1973)
Feeding value of dehydrated poultry waste
Poul. Sci. 52 : 2078

SAHM, U. (1974)
Bericht an das Auswärtige Amt,
zitiert nach VOGT, H. (1974 c), s. dort

SAYLOR, W.W. und T.A.LONG (1972)
Nutritive value of ensiled animal wastes
J. Anim. Sci. 35 : 288

SCHIEMANN, R. und K.NEHRING, L.HOFFMANN, W.JENTSCH und A.CHUDY (1971)
Energetische Futterbewertung und Energienormen
VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin

SHANNON, D.W.F., R.BLAIR und D.J.W.LEE (1972)
4th Europ. Poul. Conf., London

SINGH, Y.K. und W.B.ANTHONY (1968)
Yeast production in manure solubles
J. Anim. Sci. 27 : 1136

SLEJZER, M.S. (1973)
Landw. Dissertation, Kischinow

SMART, P., F.McCAIN, D.L.DAY und B.G.HARMON (1975)
Oxidation ditch waste management system for a large confinement swine farm
Managing Livestock Wastes
Proc.3rd Intern.Symp.on Livestock Wastes, Univ.of Ill. : 190

SPLITTGERBER, H. (1971)
Verwendung von Fliegenlarven zur Lösung des Hühnerkotproblems
Deutsche Geflügelwirtschaft 23 : 350

STOLDT, W. (1952)
Vorschlag zur Vereinheitlichung der Fettbestimmung in Lebensmitteln
Fette, Seifen, Anstrichmittel 54 : 206

TELLER, E., R.DE BAERE und A.LOUSSE (1975)
Untersuchungen über die Stickstoffverwertung bei Fütterung von Harnstoff
Zeitschr.f.Tierphy., Tierern. u. Futtermittelk. 36 : 105

TEOTIA, J.S. und B.F.MILLER (1970)
Nutritional value of fly pupae and digested manure
Poul. Sci. 49 : 1443

TEOTIA, J.S. und B.F.MILLER (1971)
Faktoren, die den Abbau von Geflügelkot durch die Hausfliege beeinflussen
Deutsche Geflügelwirtschaft 23 : 843

TEOTIA, J.S. und B.F.MILLER (1973)
Fly pupae as a dietary ingredient for starting chicks
Poul. Sci. 52 : 1830

TEOTIA, J.S. und B.F.MILLER (1974)
Nutritive content of house fly pupae and manure residue
British Poul. Sci. 15 : 177

TIETJEN, C. und H.VETTER (1972)
Einfluß von Abfällen und Ausscheidungen der tierischen Produktion auf Boden und Pflanze
Ber. Landw. 50 : 650

TRAKULCHANG, N. und S.L.BALLOUN (1975 a)
Use of dried poultry waste in diets for chickens
Poul. Sci. 54 : 609

TRAKULCHANG, N. und S.L.BALLOUN (1975 b)
Effects of recycling dried poultry waste on young chicks
Poul. Sci. 54 : 615

TRAULSEN, H. (1971)
Verfahren zur Beseitigung tierischer Exkremente
KTBL - Berichte über Landtechnik 147

TÜLLER, R. (1971)
Wachstumstest mit Moschusenten unter Verwendung von Geflügeltrockenkot im Futter
Deutsche Geflügelwirtschaft 23 : 114

VETTER, R.L. (1972)
ISU Nutr. Symp. on Protein Ames : 235

VETTER, R.L. (1973)
Iowa Cattle Feeders Rep. A. S. Leaflet, R. 182

VETTER, R.L. und W.BORROUGHS (1974)
Nutritive value of cattle excreta silage
J. Anim. Sci. 39 : 1003

VEZEY, S.A. und C.N.DOBBINS Jr. (1975)
Ensiling poultry floor litter and cage layer manure
Managing Livestock Wastes
Proc.3rd Intern.Symp.on Livestock Wastes, Univ.of Ill. : 195

VOGT, H. (1971)
Biologischer Abbau von Kot durch Regenwürmer
Deutsche Geflügelwirtschaft 23 : 1355

VOGT, H. (1974 a)
Kann getrockneter Geflügelkot verfüttert werden ?
DGS Dt. Geflügelwirtsch. und Schweineprod. 14 : 341

VOGT, H. (1974 b)
Getrockneter Geflügelkot als Futtermittel
Mitteilungen der DLG 26 : 764

VOGT, H. (1974 c)
Wiederverwertung von Kot als Futtermittel und zur Eiweißproduktion
geflügelproduzent 10 : 248

WARD, G.M., D.E.JOHNSON und R.D.BOYD (1974)
Digestibility by steers of Cereco silage produced from feedlot manure
J. Anim. Sci. 39 : 140

WARD, G.M., D.E.JOHNSON und E.W.KIENHOLZ (1975 a)
Nutritional properties of feedlot manure fractioned by Cereco process
Managing Livestock Wastes
Proc.3rd Intern.Symp.on Livestock Wastes, Univ.of Ill. : 208

WARD, G.M. und D.SECKLER (1975 b)
Recycling the protein of animal waste - protein to support animal
animal protein production
World Rev.of Anim. Prod. XI : 54

WEHUNT, K.E., H.M.FULLER und H.M.EDWARDS Jr. (1960)
The nutritional value of hydrolyzed poultry manure for broiler chickens
Poul. Sci. 39 : 1057

WHITSON, D.H., H.W.TITUS und H.R.BIRD (1946)
The effect of feeding cow manure on egg production and hatchability
Poul. Sci. 25 : 143

YECK, R.G., L.W.SMITH und C.C.CALVERT (1975)
Recovery of nutrients from animal wastes - an overview of existing options and potentials for use in feed
Managing Livestock Wastes
Proc.3rd Intern.Symp.on Livestock Wastes, Univ.of Ill. : 192

YOSHIDA, H. und H.HOSHII (1968)
Nutritional value of poultry manure
Japanese Poul. Sci. 5 : 37

YOUNG, R.J. und M.C.NESHEIM (1972)
Proc. Cornell Nutr. Conf. : 46

ZAJCEV, K.P., N.E.FEDOROV, I.I.LESCENKO, S.I.VORONEVSKI und M.S.SLEJZER (1972)
Doklady Akad. Sel'skochoz Nauk 5 : 36

Für die Überlassung des Themas und die freundliche Unterstützung bei der Durchführung der Arbeit möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. Dr. K. Drepper bedanken.

Mein Dank gilt ferner der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die finanzielle Unterstützung und allen Mitarbeitern des Institutes, die durch Rat und Tat zum Gelingen der Arbeit beigetragen haben.

Lebenslauf

Am 16.Februar 1947 wurde ich in Hamburg geboren als Sohn der Eheleute Hans und Erika Mielmann, geb.Körting.
Ab 1953 besuchte ich die Volksschule, ab 1957 das Gymnasium im Alstertal in Hamburg.
1966 verließ ich vor dem Abitur die Schule.
1968 bestand ich in Hamburg die sogenannte Fremdenreifeprüfung.
Im Sommersemester 1968 studierte ich Biologie an der Universität Hamburg. Im Wintersemester 1968/69 begann ich an der Freien Universität Berlin das Studium der Tiermedizin. Nach dem Physikum ging ich 1970 für die klinischen Semester an die Tierärztliche Hochschule Hannover. Hier bestand ich im November 1973 den letzten Teil des Staatsexamens. Im Dezember 1973 wurde ich in Hannover als Tierarzt bestallt.

Nach kurzer praktischer Tätigkeit begann ich im Mai 1974 am Institut für Tierernährungslehre an der landwirtschaftlichen Fakultät der Universität Kiel mit der vorliegenden Dissertation.